



**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**

**GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**PROYECTO FIN DE GRADO**

**EL VEHÍCULO ELÉCTRICO, UNA SOLUCIÓN MEDIOAMBIENTAL  
SOSTENIBLE Y EFICIENTE**

**Presentado por Rodrigo Vázquez Casillas**

**Profesor del Proyecto: D. Edgardo Daniel Castronuovo**

**Leganés, 5 de junio de 2018**

## AGRADECIMIENTOS

Quiero dedicar este proyecto y dar las gracias a mi tutor, el doctor ingeniero D. Edgardo Daniel Castronuovo, por el interés mostrado hacia la idea que quería desarrollar, la paciencia que ha tenido conmigo durante estos meses, y su valiosa orientación, que me han permitido llevarlo a buen puerto.

A la Universidad Carlos III porque me ha obligado a estudiar razonando necesariamente y a fomentar mi resiliencia ante cualquier adversidad.

A mis padres, por su cariño incondicional y porque son mi constante apoyo.

A la memoria de mis abuelos que tanto me quisieron, y que siempre estarán conmigo.

## RESUMEN

The following study has been done by a big compilation of information about the Electric Vehicle, structured by the essential sections related with it.

Starting by the historical background and the currently situation of the Electric vehicle, an analysis has been done including the following statements: main characteristics, strengths which present faced to the internal combustion one and also to hydrogen fuel cell one, highlighting energetic efficiency, environmental advantages and simplicity of maintenance and working.

A special emphasis has been done about the interaction between the Electric Vehicle and the Electric System and about the capacity of the Electric System for supporting a 100% electric car pool including the benefits that they could give each other.

This work reviews the currently huge opportunity of the Electric Vehicle in a historical context that force a change of the energetic pattern, in order to achieve the decarbonisation objectives of the planet and boost the generation of renewable energies. Also the stakeholders of this process are a case of study.

A comparative study of the economic performance along twenty years (equivalence to 300.000km, which is considerate as the service life of a vehicle) of the same car and its different models of electric, hybrid, diesel and petrol has been done, based on acquisition price, maintenance and fixed expenses, taxes and duties and including the fuel and energy expenses of each one comparing with the different models after it.

The comparative study is accompanied by the economic cost about the mobility without a car ownership along twenty years and the results are compared with the cost of the different car models too.

Also the currently weaknesses and the technological challenges that the Electric Vehicle has to face to and improve are emphasised.

As result the position of the electric vehicle in a ten years future is given in the global car pool.

## Tabla de contenido

ÍNDICES.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS .....	8
ÍNDICE DE TABLAS .....	14
ÍNDICE DE ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS .....	16
CAPÍTULO I.- INTRODUCCIÓN.....	18
1.1.- EXPOSICIÓN DE MOTIVOS.....	18
1.2.- OBJETIVOS .....	20
1.3.- ESTRUCTURA DE LA MEMORIA .....	21
CAPÍTULO 2.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS. DEFINICIÓN Y COMPONENTES DEL VE. COMPARATIVA DEL MOTOR ELÉCTRICO FRENTE AL DE COMBUSTIÓN INTERNA Y AL DE HIDRÓGENO. TIPOS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS .....	24
2.1.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS .....	24
2.2.- DEFINICIÓN Y COMPONENTES DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO .....	28
2.2.1.- DEFINICIÓN .....	28
2.2.2.- COMPONENTES.....	29
2.2.2.1.- Batería. Tipos de baterías .....	31
2.2.2.2.- Tipos de Motor eléctrico.....	37
2.3.- COMPARATIVA DEL MOTOR ELÉCTRICO FRENTE AL DE COMBUSTIÓN INTERNA Y AL ELÉCTRICO DE PILA DE HIDRÓGENO .....	42
2.3.1.- COMPARATIVA CON EL VEHÍCULO CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA .....	42
2.3.2.- COMPARATIVA CON EL VEHÍCULO ELÉCTRICO DE PILA DE HIDRÓGENO. ....	47
2.4.- TIPOS DE COCHE ELÉCTRICOS .....	50
2.4.1.- Vehículo eléctrico a baterías o Battery Electric Vehicle (BEV) .....	50
2.4.2.- Vehículos Híbridos Eléctricos (HEV) .....	51
2.4.2.1.- Vehículo híbrido enchufable o Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV).....	53
2.4.2.2.- Vehículo eléctrico de autonomía extendida o Extended Range Electric Vehicle (EREV) .....	57

CAPÍTULO 3.- PRODUCCIÓN Y VENTAS ACTUALES DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO.....	59
3.1.- ANÁLISIS DE VENTA Y CUOTA DE MERCADO A NIVEL MUNDIAL.....	62
3.2.- ANÁLISIS DE VENTA Y CUOTA DE MERCADO EN ESPAÑA.....	65
CAPÍTULO 4.- MARCO NORMATIVO MEDIOAMBIENTAL Y MEDIDAS PARA IMPULSAR LA MOVILIDAD ELÉCTRICA. HACIA UNA ECONOMÍA BAJA EN CARBONO. ....	71
4.1.-LA CONVENCION MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO ...	72
4.2.-PROTOCOLO DE KYOTO .....	73
4.3.-ACUERDO DE PARÍS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO.....	73
4.4.-PACTO DE LOS ALCALDES PARA EL CLIMA Y LA ENERGÍA .....	75
4.5.-PROPUESTAS NORMATIVAS DE DIVERSOS PAISES.....	77
4.6 SOSTENIBILIDAD EN LAS GRANDES CIUDADES. PLAN A DE MADRID Y COCHE COMPARTIDO ELÉCTRICO .....	78
4.6.1.- Problemas medioambientales de la ciudad de Madrid y el transporte.....	78
4.6.2.- PLAN A de Madrid .....	79
4.6.3.- Impulso a las iniciativas de movilidad compartida con vehículos eléctricos .....	80
CAPÍTULO 5.- NECESIDAD DE PLANIFICACIÓN Y AVANCES EN I+D+ i EN LA INFRAESTRUCTURA DE RECARGA.....	83
5.1.- TIPOS DE RECARGA .....	87
5.1.1.- Recarga convencional, lenta o vinculada .....	87
5.1.2.- Recarga semi-rápida o de oportunidad .....	88
5.1.3.- Recarga rápida .....	88
5.1.4.- Recarga súper rápida y ultra rápida.....	88
5.2.- MODOS DE RECARGA.....	90
5.2.1.- MODO 1 - Recarga con corriente alterna.....	90
5.2.2.- MODO 2 - Recarga con corriente alterna.....	91
5.2.3.- MODO 3 - Recarga con corriente alterna.....	92
5.2.4.- MODO 4 - Recarga con corriente continua.....	93

5.3.-TIPOS DE CONECTORES .....	94
5.4.- INTERCAMBIADORES DE BATERÍAS.....	99
CAPÍTULO 6.- GESTIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....	100
6.1.- FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO .....	100
6.1.1.- Generación de energía eléctrica .....	101
6.1.1.1.- Transformación de alguna clase de energía no eléctrica (química, mecánica, térmica...) en energía eléctrica. Centrales eléctricas .....	101
6.1.1.2.- Instalaciones de generación de energía eléctrica donde no se realiza la transformación de energía mecánica en eléctrica.....	105
6.1.2.- El transporte y distribución de la electricidad. Red Eléctrica Española .....	107
6.1.3.- Red Eléctrica Española: Gestor del sistema eléctrico y transportista. La operación del sistema eléctrico .....	107
6.2.-REE, OMIE, LAS COMPAÑÍAS ELÉCTRICAS Y EL PRECIO DE LA LUZ .....	110
6.2.2.- El Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor (PVPC) y la tarifa súper valle del VE .....	124
6.3.- RELACIÓN DIRECTA ENTRE LA EFICIENCIA MEDIOAMBIENTAL DEL COCHE ELÉCTRICO Y LA FUENTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA. GENERACIÓN RENOVABLE .....	126
6.4.- EL COCHE ELÉCTRICO Y SU ARMONIZACIÓN CON EL SISTEMA ELÉCTRICO .....	128
6.4.1.- Recarga lenta nocturna: mejora la eficiencia del sistema eléctrico .....	128
6.4.2.- El vehículo eléctrico como solución de almacenamiento de energía eléctrica. ....	131
6.4.3.- Crecimiento del parque automovilístico del VE y la capacidad de suministro del sistema eléctrico. ....	131
CAPÍTULO 7.- COMPARATIVA DEL RENDIMIENTO ECONÓMICO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO Y EL DE COMBUSTIÓN INTERNA. <i>STAKEHOLDERS</i> EN RELACIÓN AL DESPEGUE DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO Y ANÁLISIS DAFO DE SU SITUACIÓN ACTUAL .....	133
7.1.- COMPARATIVA DEL RENDIMIENTO ECONÓMICO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO Y DEL VEHÍCULO DE COMBUSTIÓN INTERNA.....	133
7.1.1.-Precio de adquisición .....	135
7.1.2.-Mantenimiento .....	136

7.1.3.-Impuestos y tasas.....	141
7.1.4.-Combustible .....	144
7.1.5.- Sin coche en propiedad.....	147
7.1.5.- Tablas de rendimiento y conclusiones.....	149
7.2.- STAKEHOLDERS EN RELACIÓN AL DESPEGUE DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO .....	162
7.3.- ANALISIS DAFO PARA EL DESPEGUE DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO .....	165
CAPÍTULO 8.- CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO DEL TFG .....	171
8.1.- CRONOGRAMA.....	171
8.2.- PRESUPUESTO .....	173
CAPÍTULO 9.- CONCLUSIONES.....	176
BIBLIOGRAFÍA.....	179

## ÍNDICES

### ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Anyos Jedlik, 1828 2.- Jeantaud 1881. 3.- Electrobat 1894 -4.- Le jamais Contente, 1899 5.- Baker Electric, 19036.- Thomas Edison Electric Car 1928. Fuente: electromovilidad.net. Octubre 2017 [1] .....	25
Fig. 2 Le jamais Contente, 1899. Fuente: Endesa. Vehículo eléctrico. Octubre 2017 [2] .....	26
Fig. 3 Esquema general de los principales componentes del VE motor en corriente continua (DC). Fuente: Endesa. Vehículo eléctrico. Octubre 2017 [2] .....	29
Fig. 4 Esquema de componentes de un vehículo eléctrico con motor en corriente alterna (AC) Fuente: Endesa. Vehículo eléctrico. Octubre 2017 [2] .....	29
Fig. 5 Esquema del sistema propulsivo del VE. INSIA (Instituto Universitario de investigación del automóvil). Máster ingeniería de automoción [30] .....	30
Fig. 6 Configuraciones. INSIA (Instituto Universitario de investigación del automóvil). Máster ingeniería de automoción [30] .....	30
Fig. 7 "Tesla Panasonic" Tesla emplea celdas de batería de Panasonic. Fuente: xataka.com. Octubre 2017 [3] .....	35
Fig. 8 Electrolito sólido.-Nissan Leaf Bateria-60/450_1000-. Fuente: xataka.com. Octubre 2017 [3] .....	36
Fig. 9 Componentes del motor eléctrico. Fuente: electromovilidad.es. Octubre 2017 [1] .....	37
Fig. 10 Motor de continua. INSIA (Instituto Universitario de investigación del automóvil). Máster ingeniería de automoción [30] .....	38
Fig. 11 Motor de imanes permanentes. INSIA (Instituto Universitario de investigación del automóvil). Máster ingeniería de automoción [30] .....	39
Fig. 12 Motor de reluctancia conmutada. INSIA (Instituto Universitario de investigación del automóvil). Máster ingeniería de automoción [30] .....	40



Fig. 13 Motor síncrono. INSIA (Instituto Universitario de investigación del automóvil). Máster ingeniería de automoción [30] .....	41
Fig. 14 Nissan LEAF, un BEV. Fuente: electromovilidad.net. Octubre 2017 [1] .....	50
Fig. 15 Esquema de funcionamiento del VE INSIA. Máster ingeniería de automoción [30] .....	51
Fig. 16 Esquema de evolución de potencia media y potencia dinámica. INSIA. Máster ingeniería de automoción [30] .....	52
Fig. 17 Esquema diferentes modelos de vehículo híbrido eléctrico. Fuente: endesa.educa.com. Octubre 2017 [2] .....	52
Fig. 18 Esquema de híbrido en serie. Fuente INSIA. Máster ingeniería de automoción [30] .....	53
Fig. 19 Esquema dos de híbrido en serie. Fuente INSIA. Máster ingeniería de automoción [30] .....	53
Fig. 20 BMW i8. Ejemplo de híbrido enchufable. Fuente: endesa.com. Octubre 2017 [2] .....	55
Fig. 21 Esquema híbrido en paralelo. Fuente INSIA. Máster ingeniería de automoción [30] .....	55
Fig. 22 Esquema híbrido en paralelo (dos). INSIA. Máster ingeniería de automoción [30] .....	56
Fig. 23 Fisker Karma, ejemplo de EREV. Fuente: xataca.com. Octubre 2017 [3] .....	57
Fig.24 Ventas acumuladas de vehículos eléctricos e híbridos enchufables por regiones del mundo año 2016.Fuente movilidadeléctrica.net. Octubre 2017 [7] .....	62
Fig25 Incrementos de ventas anuales de vehículos eléctricos e híbridos enchufables en 2016 respecto a 2015.Fuente movilidadeléctrica.net. Octubre 2017 [7] .....	63
Fig. 26 Ventas de vehículos eléctricos Plug-in de 2015-2016. Fuente: Departamento de Energía de EE.UU. [28] .....	64
Fig. 27 Matriculaciones de vehículo eléctrico en Europa a datos de 2017 Fuente: ACEA [40]...	65
Fig.28 Comparativo ventas en España de vehículos eléctricos 2015-2016. Fuente movilidadeléctrica.net. Octubre 2017 [7] .....	66
Fig. 29 Evolución de la cuota de mercado de eléctricos e híbridos enchufables en España (turismos y todoterreno). Fuente movilidadeléctrica.com. Octubre 2017 [7] .....	66

Fig. 30 Ventas acumuladas de vehículos eléctricos e híbridos enchufables en España (Diciembre 2016). Fuente movilidadeléctrica.com. Octubre 2017 [7] .....	67
Fig.31 Cuota de mercado de vehículos eléctricos respecto al mercado total en España. Fuente movilidadeléctrica.com. Octubre 2017 [7].....	68
Fig.32 Ventas de coches eléctricos en España durante 2017. Fuente movilidadeléctrica.com. Abril 2017 .....	69
Fig. 33 "Renault Zoe Z40 01" La versión homologada actual tiene 403 km de autonomía Fuente Forococheselectricos.com. Noviembre 2017 [21] .....	70
Fig.34"Chevrolet Bolt EV tiene 520 km de autonomía homologada NEDC. Fuente Forococheselectricos.com. Noviembre 2017 [21] .....	70
Fig.35 Los principales emisores de CO2 del Acuerdo de París, año 2014. Actualmente, Nicaragua y Siria se han también adherido y EE.UU ha quedado fuera del Tratado [24] .....	75
Fig. 36 Objetivos del pacto de los alcaldes. Fuente: <a href="http://www.pactodelosalcaldes.eu/index_es.html">http://www.pactodelosalcaldes.eu/index_es.html</a> . Noviembre 2017 [12].....	76
Fig. 37 El coche compartido completa la oferta de transporte promoviendo la intermodalidad. Fuente: electromovilidad.com. Octubre 2017 [1].....	81
Fig. 38 Mediante el lector de proximidad RFID abrimos el coche con una tarjeta. Fuente: electromovilidad.net. Octubre 2017 [1] .....	81
Fig. 39 Ventajas que del coche compartido Fuente: electromovilidad.net. Octubre 2017 [1]...	82
Fig. 40 Plaza con punto de recarga. Fuente: xataca.com. Noviembre 2017 [3].....	83
Fig. 41 Base mural, con una toma schuko (izquierda) y una toma mennekes (derecha). Fuente: xataca.com. Noviembre 2017 [3] .....	84
Fig. 42 Base mural y cuadro de mando en una columna de un garaje comunitario. Fuente: xataca.com. Noviembre 2017 [3] .....	85
Fig. 43 Cable y enchufe conectado a la base mural. Fuente: xataca.com. Noviembre 2017 [3] .....	86
Fig. 44 Coche eléctrico efectuando la recarga en garaje comunitario. Fuente: xataca.com. Noviembre 2017 [3] .....	86

Fig. 45 Estación de “superchargers” de Tesla en Noruega. Fuente: xataca.com. Noviembre 2017 [3] .....	87
Fig. 46 Esquema de recarga en modo 1 Fuente: electromovilidad.net. Noviembre 2017 [1] ....	90
Fig. 47 Esquema de recarga en modo 2. Fuente: electromovilidad.net. Noviembre 2017 [1] ...	91
Fig. 48 Esquema de recarga en modo 3. Fuente: electromovilidad.net. Noviembre 2017 [1] ...	92
Fig. 49 Esquema de recarga en modo 4. Fuente: electromovilidad.net. Noviembre 2017 [1] ....	93
Fig. 50 Conectores más usados: 1 – CHAdEMO, 2 – SAE J1772, 3 – SCAME, 4 – CCS Combo, 5 – Fuente: electromovilidad.net. Noviembre 2017 [1] .....	94
Fig. 51 CONECTOR CHAdEMO. Fuente: xataca.com. Noviembre 2017 [3] .....	95
Fig. 52 CONECTOR CCS. Fuente: xataca.com. Noviembre 2017 [3] .....	95
Fig. 53 CONECTOR Mennekes o de tipo 2. Fuente: xataca.com. Noviembre 2017 [3] .....	96
Fig. 54 CONECTOR Tipo 1 (SAE J1772. Fuente: xataca.com. Noviembre 2017 [3] .....	96
Fig. 55 CONECTOR Schuko. Fuente: xataca.com. Noviembre 2017 [3] .....	97
Fig. 56 CONECTOR SCAME. Fuente: xataca.com. Noviembre 2017 [3] .....	97
Fig. 57 Conector Tesla en Europa. Fuente: xataca.com. Noviembre 2017 [3] .....	98
Fig. 58 Conector Tesla en EEUU. . Fuente: xataca.com. Noviembre 2017 [3] .....	98
Fig. 59 Esquema del funcionamiento del sistema eléctrico. Fuente: REE. Noviembre 2017....	100
Fig. 60 Esquema de central hidroeléctrica. Fuente: www endesaeduca.com Noviembre 2017 [19] .....	101
Fig. 61 La turbina está conectada a un generador. Fuente: www endesaeduca.com Noviembre 2017 [19] .....	102
Fig. 62 Parque eólico. Fuente: www endesaeduca.com Noviembre 2017 [19] .....	102
Fig. 63 Esquema de central termoeléctrica solar. Fuente: www endesaeduca.com Noviembre 2017 [19] .....	103
Fig. 64 Esquema de central térmica convencional. Fuente: www endesaeduca.com Noviembre 2017 [19] .....	104

Fig. 65 Esquema de central térmica de ciclo combinado. Fuente: <a href="http://www.endesaeduca.com">www endesaeduca.com</a> Noviembre 2017 [19] .....	104
Fig. 66 Esquema de central nuclear. Fuente: <a href="http://www.endesaeduca.com">www endesaeduca.com</a> Noviembre 2017 [19] .	105
Fig. 67 Esquema 2 de central nuclear. Fuente: <a href="http://www.endesaeduca.com">www endesaeduca.com</a> Noviembre 2017 [19] .....	105
Fig. 68 Esquema del Parque Fotovoltaico. Fuente: <a href="http://www.endesaeduca.com">www endesaeduca.com</a> Noviembre 2017 [19] .....	106
Fig. 69 Esquema de funcionamiento de pila de combustible. Fuente: imágenes Google Noviembre 2017 [29] .....	106
Fig. 70 Consumo eléctrico por los distintos sectores demandantes a lo largo del día. <a href="http://www.ree.es/es/">http://www.ree.es/es/</a> . Noviembre 2017 [18] .....	109
Fig. 71 Medidas para gestionar la demanda eficiencia y sostenibilidad. <a href="http://www.ree.es/es/">http://www.ree.es/es/</a> . Nov. 2017 [18].....	110
Fig. 72 Detalle de la estructura de generación de la electricidad del día 5/11/17 a las 19.00 horas. Fuente: <a href="http://www.ree.es/es/">http://www.ree.es/es/</a> . Noviembre 2017 [18] .....	111
Fig. 73 Detalle de la generación en tiempo real a las 18.45 del 5/11/17. Fuente: <a href="http://www.ree.es/es/">http://www.ree.es/es/</a> . Noviembre 2017 [18] .....	112
Fig. 74 Seguimiento de la demanda eléctrica real, prevista y programada del día 5/11/17, así como la estructura de la generación y las emisiones de CO2 emitidas por cada tecnología. . Fuente: <a href="http://www.ree.es/es/">http://www.ree.es/es/</a> . Noviembre 2017 [18] .....	113
Fig. 75 Detalle demanda electricidad en tiempo real, estructura generación, emisiones CO2. Fuente: <a href="http://www.ree.es/es/">http://www.ree.es/es/</a> . Noviembre 2017 [18] .....	114
Fig. 76 Consulta de demanda de un intervalo de tiempo (ej. Semana, del 30 de octubre al 5 de noviembre de 2017- hora de la consulta 18.40 del 5/11/17). Fuente: <a href="http://www.ree.es/es/">http://www.ree.es/es/</a> . Noviembre 2017 [18] .....	115
Fig. 77 Detalle de generación eléctrica, demanda real, demanda programada. 19.00 horas del 5/11/17. Fuente: <a href="http://www.ree.es/es/">http://www.ree.es/es/</a> . Noviembre 2017 [18] .....	116

Fig. 78	Secuencia de tiempo de los mercados y procesos del MIBEL. <a href="http://www.omie.es/inicio">http://www.omie.es/inicio</a> . Noviembre 2017 [20] .....	117
Fig. 79	Mercado intradiario del MIBEL. Horizonte de tiempo de las seis sesiones. <a href="http://www.omie.es/inicio">http://www.omie.es/inicio</a> [20] .....	118
Fig. 80	Información de la web de OMIE de 4/11/17 a las 23.00 horas del precio MD+MI1 para el 5/XI/17 [20] .....	120
Fig. 81	Información de la web de OMIE de 5/11/17 a las 1710 horas del precio MD+MI1 para el 6/XI/17 [20] .....	120
Fig. 82	Precio del mercado diario de electricidad para 6/XI/17. Información de la web de OMIE a las 17.15 horas del día 5/XI/17 [20] .....	121
Fig. 83	Curva de oferta y demanda de electricidad para 6/XI/17, oferta casada. Información tomada de la web de OMIE a las 17.20 horas del día 5/XI/17 [20].....	122
Fig. 84	Términos de facturación de energía activa del PVPC Información tomada de OMIE el día 5/XI/17 [20] .....	124
Fig. 85	Comparativa de la reducción de emisiones CO2 del coche eléctrico en relación al diesel, en función del porcentaje de generación renovable en la producción eléctrica de cada país. ) <a href="http://forococheelectricos.com/">http://forococheelectricos.com/</a> [21].....	127
Fig. 86	Aplanamiento de la curva de la demanda, con la recarga nocturna del VE. Fuente <a href="http://www.ree.es/es/">http://www.ree.es/es/</a> [18] .....	129
Fig. 87	La recarga en horas punta genera ineficiencias en la curva de la demanda. Fuente <a href="http://www.ree.es/es/">http://www.ree.es/es/</a> [18] .....	130
Fig. 88	Gráfica de datos de rendimiento económico de todas las opciones a lo largo de los 300.000 Km-20 años. Elaboración propia .....	155

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Rendimientos. Fuente: electromovilidad.net. Octubre 2017 [1] .....	45
Tabla 2 Rendimientos. Fuente: electromovilidad.net. Octubre 2017 [1] .....	45
Tabla 3 Comparativa consumos y potencia. Fuente: electromovilidad.net. Octubre 2017 [1] ..	47
Tabla 4 Comparativa técnica según el tipo de recarga. Fuente: electromovilidad.net. Noviembre 2017 [1] .....	89
Tabla 5 Sesiones del mercado intradiario. <a href="http://www.omie.es/inicio">http://www.omie.es/inicio</a> . Noviembre 2017 [20]	119
Tabla 6 Presupuestos de los que parte la simulación de rendimiento económico. Elaboración propia. ....	134
Tabla 7 Precios de adquisición de las distintas versiones del Golf que se consideran en el análisis. Elaboración propia.....	135
Tabla 8 Comparativa de mantenimiento en el VE y el de CI. <a href="https://corrienteelectrica.renault.es/comparativa-mantenimiento-coche-electrico-frente-coche-termico/">https://corrienteelectrica.renault.es/comparativa-mantenimiento-coche-electrico-frente-coche-termico/</a> [32] .....	136
Tabla 9 Elementos que se incluye en la inspección técnica del VE. Pág. Web de mantenimiento de Volkswagen. Elaboración propia. ....	138
Tabla 10 Elementos que se incluye en la inspección técnica del vehículo de CI. Pág. Web de mantenimiento de Volkswagen. Elaboración propia. ....	139
Tabla 11 Elementos de desgaste habitual de todas las versiones del Golf. Pág. web de mantenimiento de Volkswagen. Elaboración propia. ....	139
Tabla 12 Elementos de desgaste habitual en los modelos de CI e híbrido. Pag. web mantenimiento de Volkswagen. Elaboración propia .....	140
Tabla 13 Coste total de los mantenimientos y cambio de piezas de las distintas versiones del golf que se consideran en el análisis. Elaboración propia.....	140
Tabla 14 Premisas consideradas para calcular el gasto en impuestos y tasas en las distintas versiones del golf. Elaboración propia .....	142

Tabla 15 Gastos totales en impuestos y tasas en las distintas versiones del Golf. en veinte años objeto del análisis. Elaboración propia .....	143
Tabla 16 Consumo medio de energía de las distintas versiones del Golf, y precios considerados en el estudio de la energía eléctrica, del gasoil A+ y la gasolina sin plomo 98 para el día 24 de marzo de 2018. Elaboración propia .....	144
Tabla 17 Consumo total de cada versión del Golf a los 300.000 Km en electricidad y combustible. Elaboración propia .....	146
Tabla 18 Presupuestos para el análisis de costes de movilidad sin vehículo en propiedad. Resultado final tras veinte años. Elaboración propia.....	147
Tabla 19 Tabla de rendimiento económico del E Golf en 300.000 Km- 20 años. Elaboración propia .....	149
Tabla 20 Tabla de rendimiento económico del Golf GTE en 300.000 Km- 20 años. Elaboración propia .....	150
Tabla 21 Tabla de rendimiento económico del Golf Advance 1.4 TSI en 300.000 Km- 20 años. Elaboración propia .....	151
Tabla 22 Tabla de rendimiento económico del Golf Advance 1.6 TDI en 300.000 Km- 20 años. Elaboración propia .....	152
Tabla 23 Tabla de rendimiento de la opción de movilidad sin coche en propiedad. Elaboración propia .....	153
Tabla 24 Tabla de datos globales del rendimiento económico de cada opción, cada 30.000Km- 2 años. Elaboración propia.....	154
Tabla 25 Cuadro de Stakeholders en el despegue del vehículo eléctrico. Elaboración propia.	162
Tabla 26 Desglose de actividades planificadas en la elaboración del TFG por orden cronológico y horas empleadas. Elaboración propia .....	172
Tabla 27 Desglose de tareas realizadas en el TFG y horas empleadas. Elaboración propia .....	173
Tabla 28 Estimación del coste empleado en recursos materiales en la elaboración del TFG. Elaboración propia .....	174
Tabla 29 Coste total de la elaboración del trabajo. Elaboración propia .....	175

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

AC -corriente alterna

AEDIVE- Asociación Empresarial para el Desarrollo e Impulso del Vehículo Eléctrico.

AEMA -Agencia Europea del Medio Ambiente

ANFAC – Asociación Española de Fabricantes de Automóviles

BEV – (Battery Electric Vehicle)- Vehículos Eléctricos puros

BMS- sistema de gestión de baterías.

CCS – (Combined Charging System). Sistema de carga combinado

CECOEL- Centro de Control Eléctrico

CECRE- Centro de Control de Energías Renovables

CHAdEMO-(CHArge de MOve). Carga para moverse

CI-. Combustión interna

CMNUCC- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

CNMC-. Comisión Nacional del Mercado y de la Competencia

CNMV -Comisión Nacional del Mercado de Valores

DC -corriente continua

EAFO- (European Alternative Fuels Observatory). Observatorio Europeo de Combustibles Alternativos

EREV- (Extender Range Electric Vehicle). Vehículo eléctrico de autonomía extendida

FAIIE-Federación de Asociaciones de Ingenieros Industriales de España

FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle) -coche eléctrico de pila de combustible de hidrógeno

GEI-Gases de efecto invernadero

HEV -vehículos eléctricos híbridos.



IEA- Agencia Internacional de la Energía.

IEC- Comisión Electrotécnica Internacional

IRENA- Agencia Internacional de las Energías Renovables

KERS –Sistema de freno regenerativo.

MCIA- Motor de combustión interna

ME-Motor eléctrico

NEDC- (New European Driving Cycle).-Ciclo Europeo de homologación de consume urbano, extraurbano y mixto

OMIE- Operador del Mercado Ibérico de Energía

PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle)- Vehículo híbrido enchufable .

PMh -Precio medio horario de la electricidad

PVPC -Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor

REBT –Reglamento electrotécnico de baja tensión

REE- Red Eléctrica Española

RFID- (Radio Frequency Identification) Tecnología de identificación por radiofrecuencia.

SAE (Society of Automotive Engineers). Sociedad de Ingenieros Automotrices

SAVE -Sistema de Alimentación del Vehículo Eléctrico

SEP -Sistema Eléctrico Peninsular

T&E-(Transport & Environment) Transporte y Medioambiente

VE -Vehículo Eléctrico

## **CAPÍTULO I.- INTRODUCCIÓN**

### **1.1.- EXPOSICIÓN DE MOTIVOS**

El coche eléctrico se ha convertido en un tema de gran actualidad y en este trabajo, se pretende analizar si efectivamente la electromovilidad es el futuro de la movilidad por carretera, qué ventajas e inconvenientes tiene respecto al vehículo de combustión interna y especialmente, las limitaciones que debe superar para su implantación generalizada en el parque automovilístico.

Para elaborar este estudio, al tratarse de una realidad en la que los avances y noticias son continuas, se ha utilizado como bibliografía numerosas páginas de internet; muchas de ellas son de perfil tecnológico, con informaciones innovadoras pero contrastadas, así como páginas de administraciones y organismos públicos nacionales e internacionales, institutos tecnológicos, diarios digitales, etc.

Analizar la realidad del coche eléctrico exige acercarnos al sistema eléctrico, conocer su funcionamiento, y su capacidad para soportar un parque de automóviles en el caso que la movilidad eléctrica alcanzase una cuota del 80% o 100%; también es de gran interés examinar cómo puede interactuar el coche eléctrico con el sistema eléctrico.

Las novedades sobre el coche eléctrico en prensa son incesantes, diariamente se habla de sus aspectos tecnológicos, nuevos modelos que las marcas ponen en el mercado, exposiciones de estos vehículos en todos los salones del automóvil, avances en su autonomía, nuevas instalaciones sobre los puntos de recarga, planes públicos de ayuda para su adquisición, ventajas fiscales, capacidad del sistema eléctrico para abastecer un parque móvil eminentemente eléctrico, etc.

El VE parece que se trata de un invento actual y sin embargo, es una realidad de siglos pasados, que no terminó nunca de implantarse porque en otro momento histórico el coche de combustión interna se impuso. Ahora asistimos a su renacer, motivado por múltiples factores que se irán exponiendo.

Por otra parte, son constantes los informes y estudios sobre el cambio climático, sus consecuencias devastadoras y la contaminación de las ciudades; graves realidades que están

obligando a adoptar medidas para paliar y frenar su avance. En este contexto se examina qué papel juega el coche eléctrico y en qué medida puede ayudar a alcanzar los objetivos de descarbonización del planeta. Este vehículo no emite directamente gases de efectos invernadero, tiene un consumo energético más eficiente que el de combustión interna y puede abastecerse de energía procedente de fuentes renovables y limpias. Estos factores son especialmente importantes cuando son contrastados con los costes de carácter medioambiental que tienen los vehículos de combustión interna.

Para que la movilidad eléctrica se implante definitivamente se requieren mejoras en algunos aspectos, tales como avances tecnológicos para conseguir unas baterías con más autonomía, reducción del precio de adquisición del vehículo eléctrico, implantación y desarrollo de infraestructuras de recarga, estandarización de cargadores, etc. Estos asuntos competen no sólo a los fabricantes del sector automovilístico sino también a las administraciones públicas y a terceros implicados con aspectos que precisan desarrollo normativo.

También, es de interés disponer de una comparativa del rendimiento económico de un mismo modelo de vehículo en las versiones eléctrica pura, híbrida enchufable, combustión interna de gasolina y de gasoil, para contrastar cuál es la más ventajosa. Así como contrastar estos resultados con los costes económicos que implica la opción de movilidad sin disponer de un vehículo en propiedad.

Conviene repasar cuáles son los “*stakeholders*” que influyen en el despegue del vehículo eléctrico, los respectivos intereses de cada colectivo, así como sintetizar mediante un análisis DAFO las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades que presenta el vehículo eléctrico.

El estudio realizado posibilitará obtener unas conclusiones del conjunto del trabajo, que permitan conocer si el coche eléctrico es el futuro de la movilidad por carretera, si es energéticamente eficiente, si constituye una opción rentable económicamente y si supone una gran oportunidad medioambiental para la sociedad, así como una oportunidad tecnológica y económica para el sector industrial y energético.

## 1.2.- OBJETIVOS

El objetivo principal que persigue este análisis es realizar un estudio de conjunto sobre el VE, sus ventajas e inconvenientes, principalmente en relación al vehículo de combustión interna, así como las posibilidades de que se implante como modo principal de movilidad en carretera. A su vez, se analiza brevemente su interacción con el sistema eléctrico y la perspectiva de que éste sea capaz de soportar un parque de automóviles mayoritariamente eléctrico.

Para ello se marcan como hitos u objetivos intermedios:

- I. Partir de la realidad histórica del VE, conocer las razones que motivaron que en el pasado quedase relegado frente a los vehículos de combustión interna; las circunstancias que concurren actualmente para que se pueda hablar de un nuevo despegue del VE: Cambio climático, contaminación, evolución tecnológica y agotamiento de las reservas de petróleo.
- II. Examinar los aspectos del vehículo eléctrico que exigen una evolución tecnológica: autonomía de las baterías y la necesidad de crear redes de recarga públicas y privadas.
- III. Analizar los aspectos principales de la interacción del VE y el sistema eléctrico.
- IV. Estudio comparativo en un caso real del rendimiento económico del vehículo eléctrico frente a los modelos de combustión interna diesel y gasolina, así como respecto a un eléctrico híbrido. Contrastar los resultados en relación a la opción de movilidad sin disponer de coche en propiedad.
- V. Examinar los *stakeholders* que influyen en la implantación del VE y sus distintos intereses.
- VI. Realizar un análisis DAFO de la situación actual del vehículo eléctrico.

### 1.3.- ESTRUCTURA DE LA MEMORIA

La estructura de la memoria de este trabajo es la siguiente:

En el presente capítulo se realiza la exposición de motivos, la estructura de la memoria del trabajo y se definen los objetivos del proyecto.

El capítulo 2 proporciona una mirada al pasado del vehículo eléctrico, mostrando su nacimiento y los avances tecnológicos alcanzados siglos atrás; así como los motivos por los que quedó relegado a favor del vehículo de motor de combustión interna. También se efectúa una aproximación al coche eléctrico desde el punto de vista técnico; conociendo que bajo esta denominación hay realidades con características diferenciadas que dan origen a distintos tipos. Se repasan los principales componentes del coche eléctrico, con especial hincapié en la batería, el corazón de este vehículo, pues de ella dependen factores tan esenciales como su autonomía, vida útil, y en gran parte, su coste de adquisición.

El capítulo 3 se asoma a la realidad comercial del vehículo eléctrico en los últimos años, en el mundo en general y en España en particular; la evolución de ventas, la cuota de parque automovilístico que representa; así como el incremento de modelos en el mercado y la apuesta que están realizando las grandes marcas del automóvil por esta tecnología.

El capítulo 4 trata de la influencia de la actividad del hombre en el cambio climático y la contaminación atmosférica, que está obligando a las naciones, en el marco de acuerdos internacionales, a adoptar compromisos que frenen este desastre natural. Las medidas pasan por la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera, la apuesta por las energías renovables y en todo ello tiene un gran protagonismo la movilidad eléctrica.

Se hace hincapié en el problema de contaminación atmosférica y acústica de las grandes ciudades, como Madrid, ciudad que ha adoptado “El PLAN A”, en el que es protagonista la electro-movilidad, el transporte público y el vehículo compartido que además es eléctrico (*carsharing*).

El capítulo 5 está dedicado a estudiar los necesarios cambios de hábitos del conductor para adaptarse al vehículo eléctrico en particular referidos a la recarga energética. Se requiere una recarga inteligente en horas valle de consumo eléctrico, al objeto de conseguir el mejor precio de la electricidad y contribuir a la eficiencia del sistema eléctrico. En ese capítulo se abordan

los distintos tipos y modos de recarga, y la conveniencia de lograr un conector estándar. También la necesidad de que las administraciones efectúen desarrollos normativos en algunas materias (de tipo técnico para las instalaciones, la figura del gestor eléctrico...) y promuevan otras medidas como la instalación de puntos de recarga públicos, facilidades para la instalación de puntos de recarga privados, etc.

El capítulo 6 analiza la energía que impulsa al VE, la electricidad; acercándose al sistema eléctrico en España, la generación eléctrica, su transporte y suministro, los principales actores del sistema eléctrico y el modo en el que se fija el precio de la electricidad. Un planteamiento que es necesario hacerse es: ¿tiene capacidad el sistema eléctrico para abastecer un parque automovilístico 80% o 100% eléctrico?.

El capítulo 7 es de elaboración propia, realizando un estudio del rendimiento económico del modelo Golf en sus versiones de eléctrico puro (E-Golf), híbrido enchufable (Golf GTE), combustión interna de gasolina (Golf Advance 1.4 TDI) y combustión interna de gasoil (Golf Advance 1.6 TDI), considerando los distintos elementos que conforman su coste económico a lo largo de un período de 20 años -que se hace equivaler a 300.000 Km- tales como precio de adquisición, mantenimiento y reposición de piezas, impuestos y tasas así como el gasto energético. A la par se examina el costo económico en que incurre quien opta por la movilidad, sin disponer de coche en propiedad. Una vez concluido el estudio se realiza el análisis comparativo de los resultados de las distintas alternativas.

En este capítulo también se determinan los *stakeholders* o partes interesadas en la implantación del vehículo eléctrico y se confecciona un análisis DAFO (debilidades y fortalezas internas, junto a las amenazas y oportunidades externas) del despegue del vehículo eléctrico, teniendo en cuenta todos los aspectos desarrollados a lo largo del trabajo.

El capítulo 8 presenta el cronograma de actividades previsto en la realización del presente trabajo, el tiempo que han ocupado las mismas, la agrupación de tareas realizadas, así como los costes en recursos humanos y materiales empleados en su elaboración.

En el capítulo 9 se sintetizan las principales consecuencias que se extraen del trabajo, la oportunidad que supone la implantación generalizada de la movilidad eléctrica, su rentabilidad económica en relación al vehículo de combustión interno, su eficiencia energética y las

ventajas medioambientales añadidas; así como el reto que implica la innovación en esta tecnología.

## **CAPÍTULO 2.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS. DEFINICIÓN Y COMPONENTES DEL VE. COMPARATIVA DEL MOTOR ELÉCTRICO FRENTE AL DE COMBUSTIÓN INTERNA Y AL DE HIDRÓGENO. TIPOS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS**

### **2.1.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS**

El vehículo eléctrico no es un invento actual y fue anterior al vehículo de combustión interna. Se atribuye el invento a Thomas Davenport en el año 1834, que se basó en el motor eléctrico que había diseñado Anyos Julio en 1928 y los avances efectuados por Joseph Henry [1]. Hasta casi medio siglo después no aparecería el vehículo de combustión interna.

En torno a estos años de la primera mitad del siglo XIX se produjeron otros inventos notables en este ámbito: Robert Anderson construyó un carruaje de tracción eléctrica con pila que no era recargable; Robert Davison construyó una locomotora eléctrica que circulaba a escasa velocidad y se diseñó la línea electrificada que permitió el surgimiento de trenes y tranvías [1].

Las primeras baterías que se inventaron fueron las de plomo –ácido en 1859 por Gastón Planté, que fueron mejoradas años después por Camile Alphonse Faure mediante una rejilla de plomo y pasta de dióxido de plomo, comenzando su fabricación a nivel industrial.

A lo largo del siglo XIX los avances e innovaciones se fueron sucediendo y los principales hitos que se pueden reseñar en Europa, son:

- Franz Kravolg creó un ciclo de dos ruedas con motor eléctrico a mediados de siglo.
- Gustave Trouvé diseñó un vehículo de tres ruedas en la segunda mitad del siglo.
- Thomas Parker creó un práctico automóvil eléctrico.
- Camile Jenatzy diseñó el vehículo conocido como *“Le Jamais Contente”*, que superaba 100 Km/h.

El vehículo eléctrico estaba de moda y con muy buena expectativa de desarrollo.



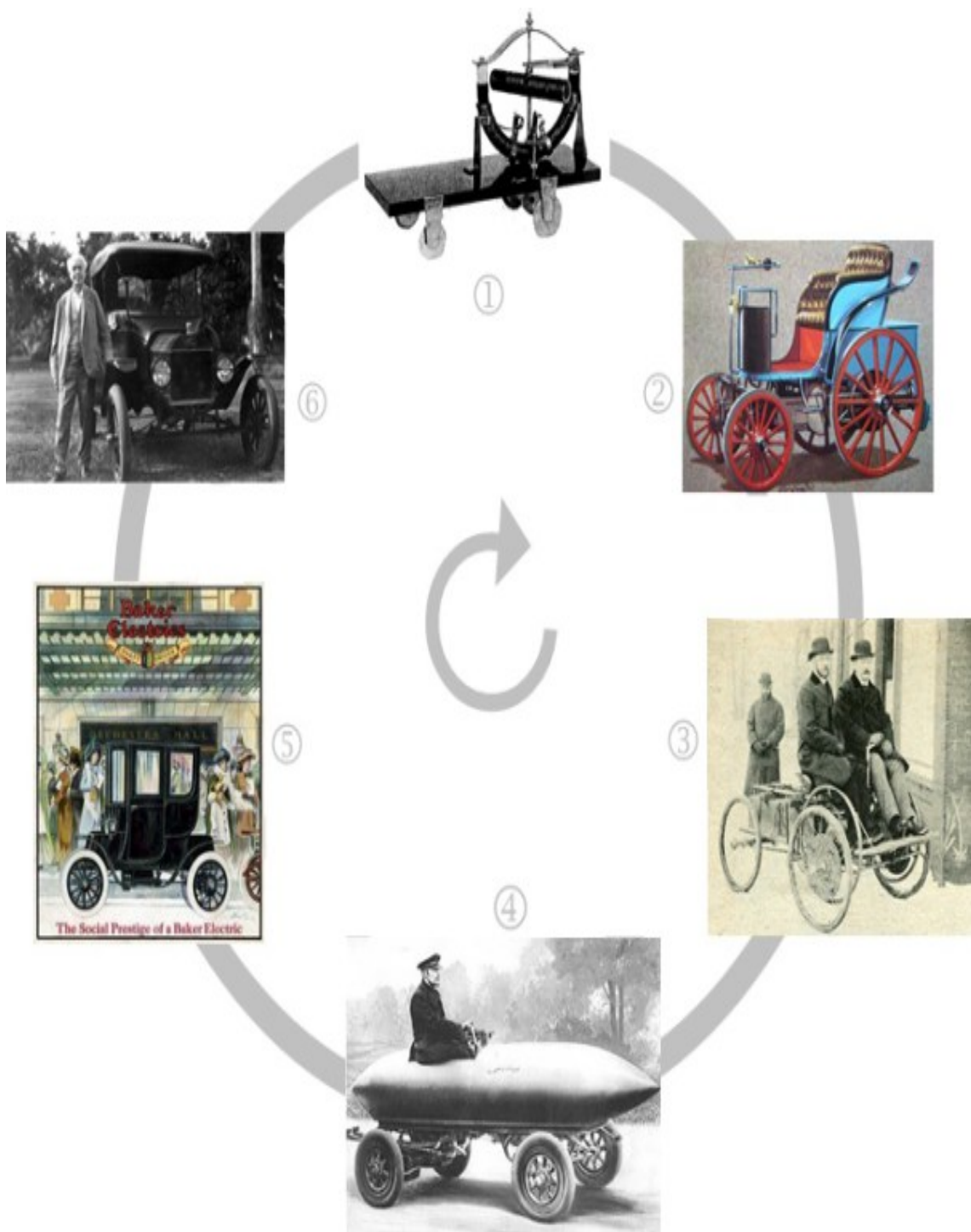


Fig. 1 Anyos Jedlik, 1828 2.- Jeantaud 1881. 3.- Electrobat 1894 -4.- Le jamais Contente, 1899 5.- Baker Electric, 1903.- Thomas Edison Electric Car 1928. Fuente: electromovilidad.net. Octubre 2017 [1]

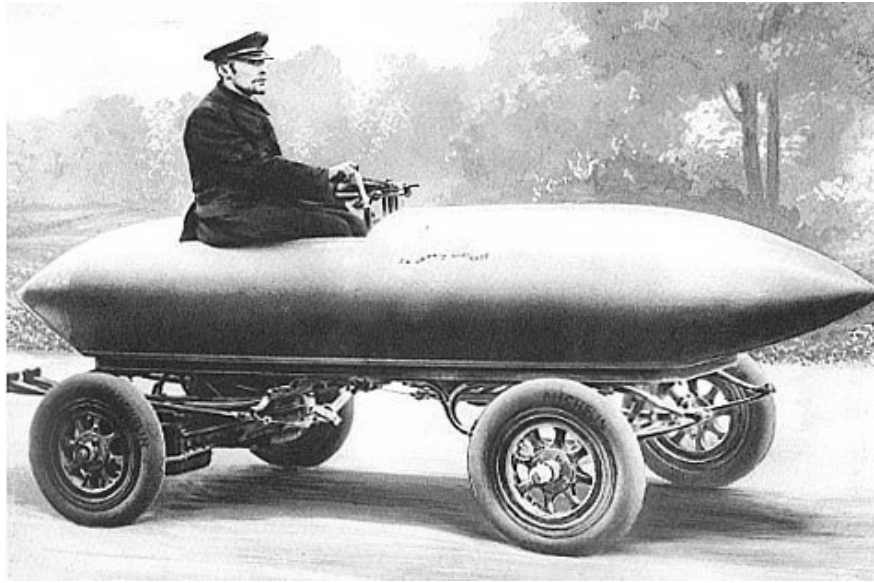


Fig. 2 Le jamais Contente, 1899. Fuente: Endesa. Vehículo eléctrico. Octubre 2017 [2]

En EEUU también se avanzaba en la tecnología del vehículo eléctrico y pueden destacarse los siguientes hitos:

- William Morrison diseñó una camioneta para seis ocupantes que circulaba a 23 Km/h.
- Pedro Salom y Henry Morris crearon a finales del siglo el vehículo denominado “Electrobat”.

El 38% de los vehículos que se vendían en el S. XIX en EEUU eran eléctricos y la cuota del parque móvil de gasolina era muy inferior.

Thomás Edison hizo una gran aportación al inventar la batería de hierro-níquel, que constituyó un nuevo avance en la electromovilidad.

Hay que preguntarse qué ocurrió en este momento histórico que provocó que VE perdiera su ventaja frente al vehículo de combustión interna y los motivos más destacables fueron los siguientes:

- El coche eléctrico se percibió socialmente como un coche para mujeres, y el coche de combustión interna se convirtió en un elemento varonil.

- Henry Ford comenzó la fabricación en cadena de coches de combustión interna y logró reducir el precio de adquisición.
- Los coches de combustión interna tenían el inconveniente de arrancarse con una manivela pero Charles Kettering a principios del S XX eliminó esta incomodidad.
- Se encontraron muchos yacimientos de petróleo en el sur de EE.UU, disponiendo de grandes reservas y abaratando los precios.
- El vehículo de combustión interna tenía mucha más autonomía.

Todos estos factores fueron la causa de que el coche de combustión interna triunfase frente al eléctrico, que quedó reducido a una presencia testimonial.

El vehículo eléctrico tuvo una nueva ocasión de despegar con la llegada de la primera crisis del petróleo en la segunda mitad del S. XX. Nació la conciencia de que el petróleo no era una fuente ilimitada y que los países no productores tenían fuerte dependencia de otros. El mundo comenzó a preocuparse por las emisiones de gases de efecto invernadero y con este motivo se firmó el Protocolo de Kioto.

Pocos años después, en EE.UU, el Estado de California se mostró muy preocupado por el medio ambiente y publicó la Ley *“Zero Emission Mandate”*, que pretendía la eliminación total de los vehículos que emitieran GEI en un plazo de ocho años. Esto hubiera dado un gran empuje al VE y perjudicado al de combustión interna; de hecho algunas empresas del automóvil comenzaron a fabricar coches eléctricos (Ford, Toyota). Sin embargo, los lobbys interesados en el vehículo de combustión interna, principalmente el sector del petróleo y el sector del automóvil, presionaron al gobierno para hacer claudicar al estado de California y que derogase estas restricciones.

## 2.2.- DEFINICIÓN Y COMPONENTES DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

### 2.2.1.- DEFINICIÓN

En sentido estricto un automóvil eléctrico “es el propulsado por uno o más motores eléctricos, usando energía eléctrica almacenada en baterías recargables que se transforma en energía cinética por medio de interacciones electromagnéticas. Los motores eléctricos son tres veces más eficientes que los motores de combustión interna y facilitan una propulsión instantánea, generando una aceleración fuerte y continua que ofrece muchas ventajas” [2].

Puede darse una definición más amplia, en la que también se incluyan los distintos tipos de híbridos e incluso podrían considerarse los coches de pila de hidrógeno (combustible alternativo).

A continuación analizaremos las distintas variantes de VE que principalmente vienen constituidas por:

- Los BEV (“*Battery Electric Vehicle*”) o 100% eléctricos.
- Los PHEV (“*Plug-in Hybrid Electric Vehicle*”) o híbrido enchufable.
- Los EREV (“*Extender Range Electric Vehicle*”) o eléctrico con extensor de autonomía.

Incluso dentro de éstos, hay diversas modalidades que pueden catalogarse de más o menos eléctricas en función de sus concretas características.

Otra modalidad de eléctrico es el coche eléctrico de pila de combustible (*FCEV*, siglas de *Fuel Cell Electric Vehicle*) que puede llevar motor eléctrico. En estos vehículos el combustible para la tracción es facilitado por una pila de combustible (que puede ser de etanol, metanol, aunque predominantemente se usan las de hidrógeno) que produce energía por la combinación de oxígeno del aire con hidrógeno. La energía obtenida en el proceso químico se almacena en una batería y desde allí se facilita al motor que a su vez impulsará las ruedas. Este coche está actualmente poco desarrollado, su tecnología no se encuentra muy madura y no es enchufable. Además tiene un precio de adquisición excesivo y presenta muchos inconvenientes. Posteriormente ahondaremos en sus características y las compararemos con el eléctrico puro.

### 2.2.2- COMPONENTES

En primer lugar, se pueden clasificar dos tipos de VE, con motores de corriente continua y de corriente alterna. Esquemáticamente en las figuras 3 y 4 se presentan los principales componentes y diferencias entre ellos.

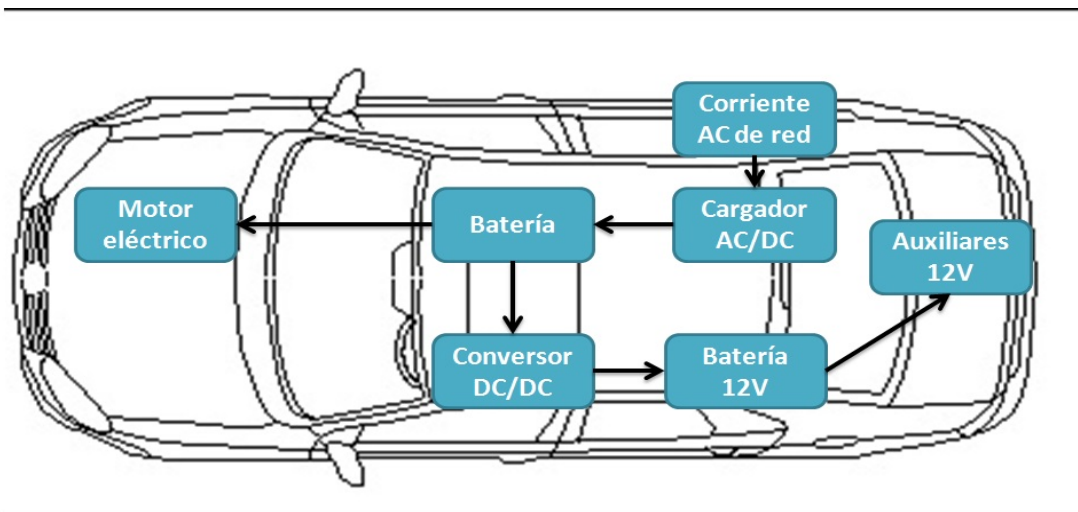


Fig. 3 Esquema general de los principales componentes del VE motor en corriente continua (DC). Fuente: Endesa. Vehículo eléctrico. Octubre 2017 [2]

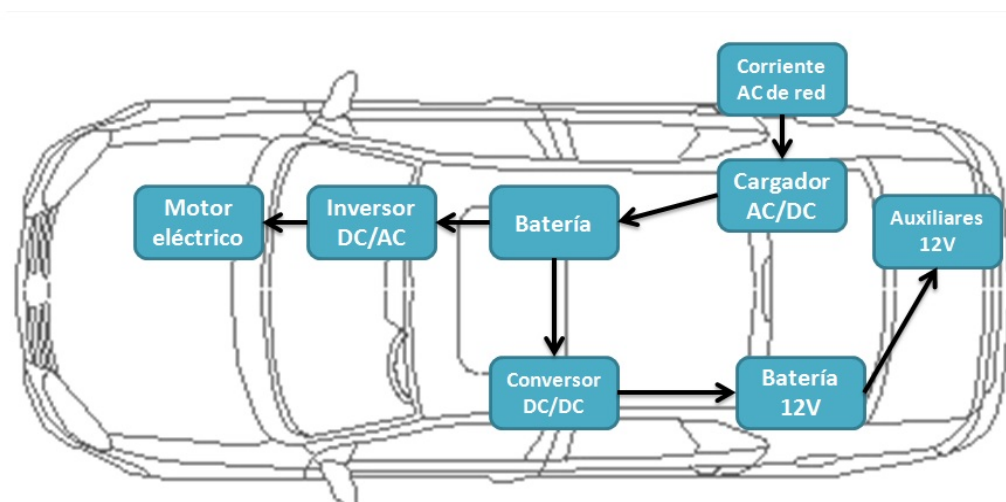


Fig. 4 Esquema de componentes de un vehículo eléctrico con motor en corriente alterna (AC) Fuente: Endesa. Vehículo eléctrico. Octubre 2017 [2]

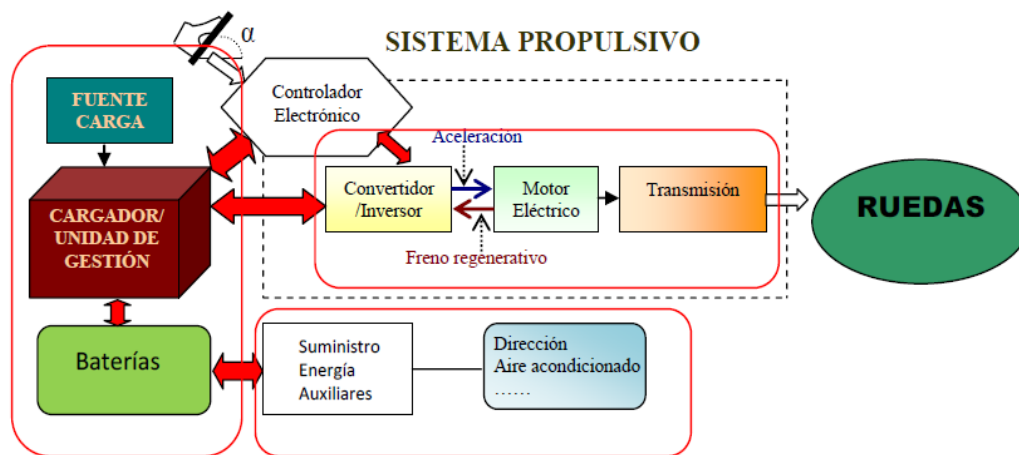


Fig. 5 Esquema del sistema propulsivo del VE. INSIA (Instituto Universitario de investigación del automóvil). Máster ingeniería de automoción [30]

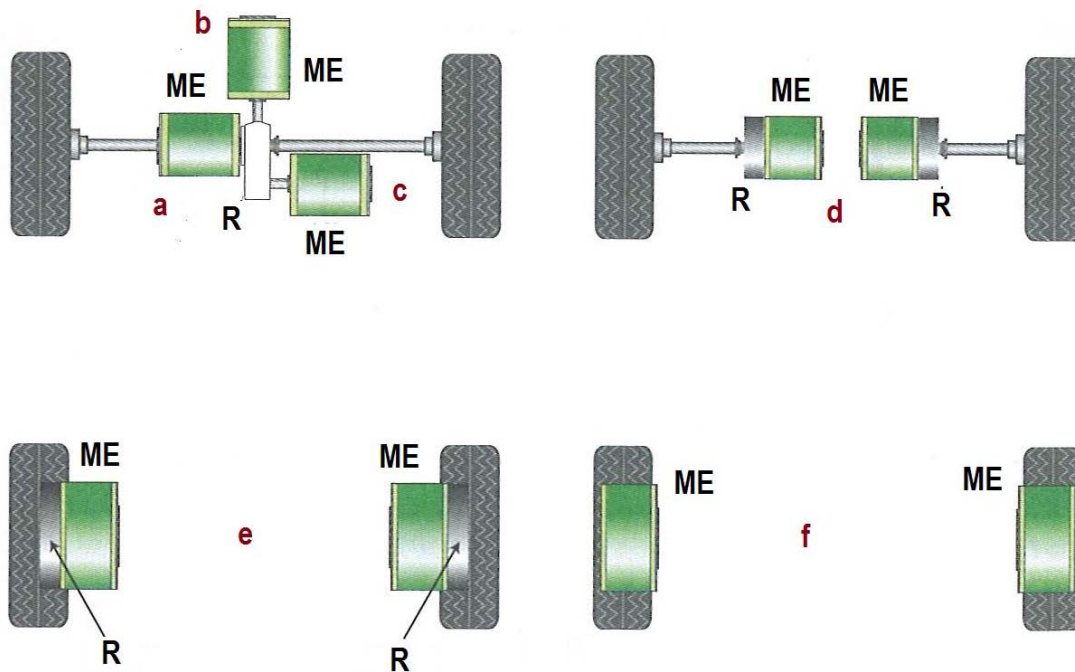


Fig. 6 Configuraciones. INSIA (Instituto Universitario de investigación del automóvil). Máster ingeniería de automoción [30]

Una breve descripción de los principales componentes del VE es la siguiente:

#### **CARGADOR**

Tiene como finalidad alimentar la batería principal de corriente continua, trasformando previamente la corriente alterna que ha tomado de la red eléctrica.

#### **CONVERSOR**

Transforma la corriente continua de tensión elevada de la batería principal en corriente continua de baja tensión, que alimenta las baterías auxiliares que precisan los elementos auxiliares.

#### **INVERSORES**

Este elemento solo lo tienen los vehículos con motor de corriente alterna y transforma en corriente alterna la corriente continua de la batería principal.

#### **2.2.2.1.- Batería. Tipos de baterías**

Es prácticamente el principal elemento del VE y está evolucionando notablemente de forma continua, esperándose aún mas avances. De ellas depende la autonomía del vehículo y su precio de adquisición. También son elementos clave en la velocidad con la que se efectúa la recarga eléctrica y en general la vida útil que va a tener el VE. Todos estos aspectos son decisorios para que los usuarios se decanten o no a favor del VE.

Son muy numerosas las patentes de baterías registradas, algunas de las cuales finalmente es muy posible que no vean la luz, pero las continuas mejoras tecnológicas han hecho que los fabricantes del sector del automóvil se hayan decidido a la fabricación del VE disponiendo ya de autonomías de 400 a 600 kilómetros de homologación NEDC.

Al estudiar la historia del vehículo eléctrico, se vio que las primeras baterías fueron las de plomo-ácido y posteriormente se inventaron las de hierro-níquel. Actualmente las que están más extendidas son las de ión-litio con distintas implementaciones que procuran su perfeccionamiento.

En la batería se almacena la electricidad con elementos electroquímicos, lográndose obtener el mayor rendimiento posible. Se denomina ciclo de vida de la batería al número de ocasiones en que pueden ser cargadas y descargadas; es un número limitado de veces [2].

Las baterías reciben y almacenan la energía procedente del cargador. En los coches con motor de corriente alterna la batería ha de ir conectada al inversor y en los de corriente continua, se vincula al motor sin requerir ningún elemento intermedio [2].

En la batería se producen reacciones químicas de oxidación-reducción (conocidas como “*redox*”) que generan energía; en el proceso de descarga consiguen obtener corriente eléctrica y durante la carga utilizan la corriente eléctrica para que se produzca la reacción química [2].

La batería tiene dos electrodos (ánodo y cátodo) que están bañados en un electrolito. Durante el “*redox*” un componente gana electrones oxidándose y el otro los pierde reduciéndose. La electricidad va del cátodo al ánodo porque su signo es opuesto al de los electrones; a continuación se invierte [2].

Los factores esenciales que se han de considerar en las baterías son principalmente los siguientes:

- **Densidad energética.** Se mide en Wh/kg. Es la relación entre la energía que facilita la batería y su peso. A mayor densidad, más autonomía e inferior peso [2].
- **Potencia.** Se mide en W/kg. Es el amperaje máximo que puede facilitar en el proceso de descarga; a mayor potencia son mejores las prestaciones [2].
- **Eficiencia** es el rendimiento de la batería, la energía útil. Se expresa en porcentaje [2].
- **Coste.** El precio de la batería incide fundamentalmente en el del vehículo [2].
- **Ciclo de vida.** Número de veces que soporta la batería ser cargada y descargada. Actualmente se considera que son aproximadamente 3.000 ciclos. Incide directamente en su vida útil [2].

A continuación se citan algunos de los principales tipos de batería para vehículos eléctricos.



### *I. BATERÍA DE PLOMO-ÁCIDO*

Son las que primero se inventaron y las más baratas. Sólo se usan en vehículos de pequeño tamaño. Presentan algunos inconvenientes tales como demasiado peso, su principal componente es tóxico y su carga es muy lenta. Actualmente no se utilizan en el VE.

### *II. BATERÍA NÍQUEL-CADMIO*

Están muy adaptadas para bajas temperaturas, presentan el inconveniente de que tienen efecto memoria que reduce su capacidad con el tiempo; son caras y no son utilizadas en el VE [1].

### *III. BATERÍA DE NÍQUEL-HIERRO*

Fue patentada por Thomas Edison a principios del S.XX. Tampoco se utilizan hoy para el VE por falta de potencia [1].

### *IV. BATERÍA NÍQUEL-HIDRURO METÁLICO*

Tienen menos efecto memoria pero no funcionan bien con altas temperaturas, presentan una lenta recarga; se asemejan a las de níquel-cadmio [1].

### *V. BATERÍA ION-LITIO: (LICOO2)*

En sus distintas variantes son las más utilizadas actualmente en el VE y han supuesto un gran avance en muchos aspectos tales como la supresión del efecto memoria (no pierde capacidad de cargarse con el tiempo y pueden cargarse nuevamente aunque no estén totalmente descargadas), eficiencia y sencillo reciclado. Se espera de ellas una gran evolución y que sus precios de fabricación se reduzcan porque continúan siendo muy caras [1].

### *VI. BATERÍA LIFEPO4*

Son una variante de las de ión-litio sin cobalto. Sus principales mejoras se centran en la potencia y la vida útil; son muy caras y la densidad energética es inferior a las de ión-litio [1].

### *VII. BATERÍA POLÍMERO DE LITIO*

Constituye otro tipo versión de las baterías de ion-litio, con muchas ventajas en su potencia, densidad energética, peso y eficiencia; no se utiliza mucho por su vida útil y carestía [2].

#### VIII. *BATERÍA ZEBRA*

Se basan en un electrolito de cloroaluminato de sodio triturado. Sus ventajas se encuentran en su vida útil, energía y potencia; pero su estructura es complicada; son voluminosas y la potencia es poco satisfactoria [1].

#### IX. *BATERÍA DE ALUMINIO-AIRE*

Constituyen todavía un experimento; tienen gran capacidad de almacenamiento y buena densidad energética, pero cargan mal [1].

#### X. *BATERÍA ZINC-AIRE*

Se encuentran en estado experimental; a su favor tiene factores como el precio, la fiabilidad y buena capacidad de almacenamiento. Su principal componente es el zinc que parece posicionarse a futuro como muy importante en la fabricación de baterías. [1].

#### XI. *BATERÍA DE IONES DE LITIO CON ELECTRÓLITO LÍQUIDO*

Es la más utilizada actualmente, se caracteriza porque la transferencia de los electrones entre los electrodos se efectúa dentro de una solución líquida. Se han conseguido distintas variantes de estas baterías al utilizarse diferentes sustancias químicas [3].

Incrementándose el número de celdas de batería de iones de litio con níquel y cobalto, su distribución y los componentes internos se ha conseguido mejorar notablemente la autonomía del vehículo eléctrico [3].

Los distintos fabricantes de baterías combinan diferentes elementos químicos y prácticamente cada fabricante de vehículo eléctrico tiene un suministrador específico (por ejemplo, Tesla utiliza las baterías de Panasonic; Renault utiliza las de LG-Chem, etc.) [3].

Con los avances tecnológicos que se han producido, de las primeras baterías a las actuales prácticamente se ha duplicado la densidad energética, y se ha quintuplicado su energía lo que les ha permitido ganar mucha autonomía [3].

Tesla ha conseguido juntar miles de celdas y persigue autonomías de hasta 900 Km. y superiores. Curiosamente su suministrador de baterías, Panasonic, ha adquirido en 2017 una empresa española, FICOSA, para desarrollar el software de las baterías [6].



Fig. 7 "Tesla Panasonic" Tesla emplea celdas de batería de Panasonic. Fuente: xataka.com. Octubre 2017 [3]

El sistema de gestión de la batería está junto a ella y consiste en un circuito electrónico. Su finalidad es equilibrar las celdas lo que permite utilizar al máximo su energía. Este software controla el estado de la batería y verifica cualquier problema que pueda producirse en el proceso de carga y descarga. Para garantizar la seguridad, revisa los límites de la tensión y la temperatura del proceso. También se utiliza para que dirija hacia su almacenamiento la energía recuperada por el freno regenerativo [3].

Una variante singular y ventajosa de las baterías de litio es la que utiliza azufre electrolito líquido; el problema que tiene es que requiere grafeno, que es un material poco disponible y caro [3]. Otra estudio que también utiliza grafeno se orienta al uso de iones de litio metal con objeto de evitar la corrosión, la marca de baterías Licerion de Sion Power lo está llevando a cabo [3].

## XII. BATERÍA DE ESTADO SÓLIDO

Las marcas Samsung, LG Chem y Bosch están investigando esta modalidad; aún faltan años para que pueda ser aplicada y tienen como especialidad que entre el cátodo y el ánodo hay un electrolito sólido [3].

Respecto de las de ión-litio son muy ventajosas porque su precio es inferior; también incrementaría la autonomía, la densidad energética, la seguridad, la vida útil y además cargan más rápido [3].

Dentro de las muchas variables se encuentra la batería de estado sólido con electrolito cristalizado y sodio metal, que no requiere litio y esto abarata el precio [3].

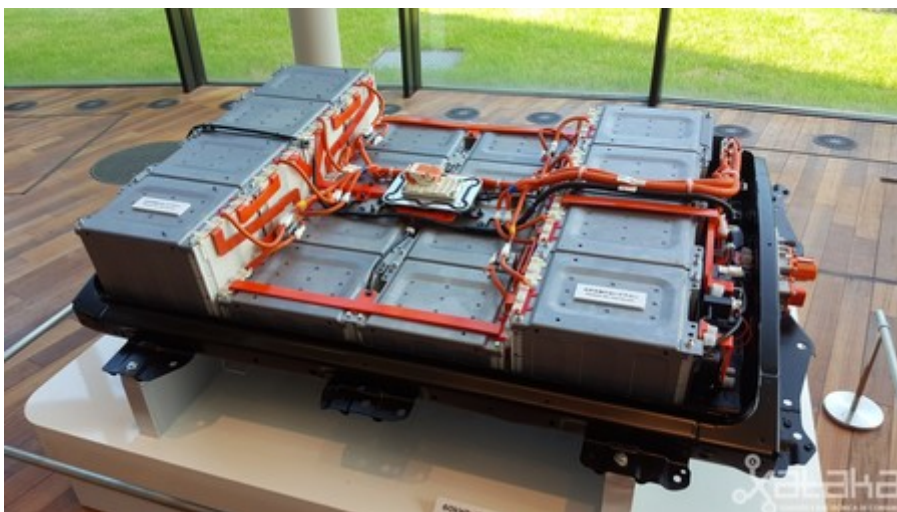


Fig. 8 Electrolito sólido.-Nissan Leaf Batería-60/450\_1000-. Fuente: xataka.com. Octubre 2017 [3]

### XIII. *BATERÍA DE CELDAS DE METAL-AIRE*

También es objeto de estudio esta variedad, que se caracteriza porque permite utilizar diferentes metales y se pretende con ella obtener energías específicas muy altas [4].

### XIV. *OTROS ACUMULADORES*

Hay acumuladores o celdas semisólidas de flujo que la marca NanoFlowCell está investigando. Se caracterizan por tener “electrolito repostable que se vacía y se rellena con dos depósitos, con un electrolito cargado, uno positivo y otro negativo (agua con sales disueltas), que luego interactúan a través de una membrana porosa generándose así la corriente eléctrica “[4].

Requieren una infraestructura para repostar los electrolitos y el vehículo ha de llevar dos depósitos de gran volumen mermando la capacidad y añadiendo peso [4].

Se están utilizando súper-condensadores en tranvías y autobuses y se investiga incorporarles grafeno para que mejoren sus prestaciones; también hay bacitadores que trabajan simultáneamente con baterías de ión-litio y condensadores. Los campos de investigación abiertos son innumerables [4].

### 2.2.2.2.- Tipos de Motor eléctrico

El motor es otro elemento esencial de VE pues del mismo dependen sus prestaciones y eficiencia. Se ha analizado anteriormente que se usan de corriente continua y también de corriente alterna y en este segundo caso requieren un inversor [1].

Se pueden encontrar distintos tipos de motores pero sus elementos básicos son los mismos: rotor, estator y carcasa; el rotor es el elemento móvil que se encuentra dentro del estator que es fijo y la carcasa protege a ambos.

Presentan variantes que dan origen a distintos tipos de motores:



Fig. 9 Componentes del motor eléctrico. Fuente: [electromovilidad.es](http://electromovilidad.es). Octubre 2017 [1]

## I. MOTOR DE CONTINUA

Sus facetas más favorables son que están muy experimentados y el fácil control. Sus principales desventajas son que tiene una velocidad máxima escasa, rendimiento bajo, desgaste importante de escobillas y que exige mucho mantenimiento [30].

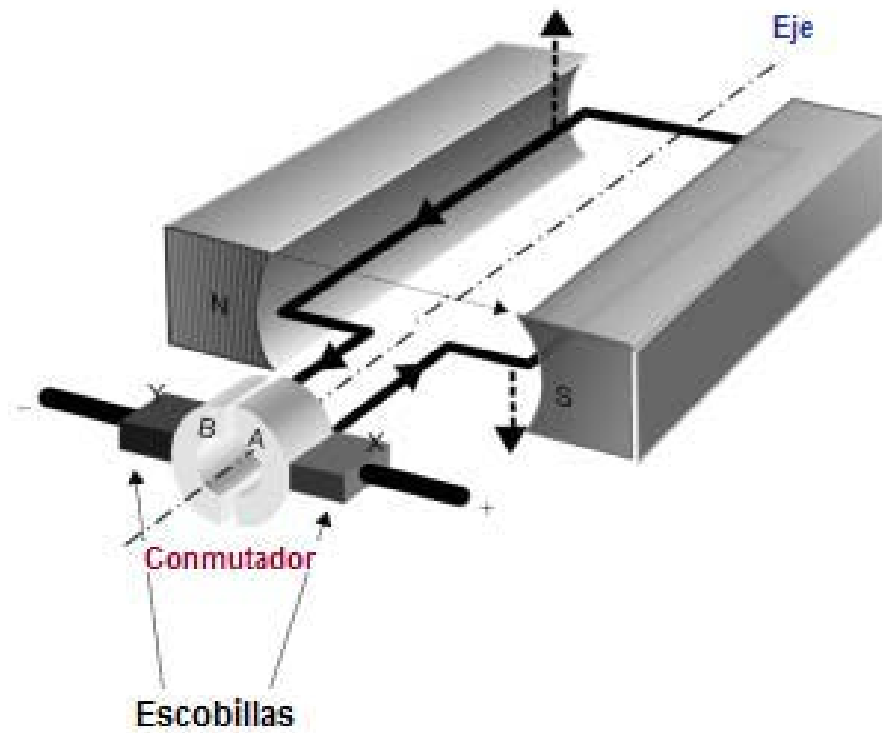


Fig. 10 Motor de continua. INSIA (Instituto Universitario de investigación del automóvil). Máster ingeniería de automoción [30]

## II. MOTOR DE IMANES PERMANENTES O SÍNCRONO

Las ventajas que ofrece vienen constituidas por una alta densidad, alto rendimiento, peso aceptable, poco ruido y escasas vibraciones. Como inconvenientes pueden significarse la baja velocidad, precio elevado y compleja fabricación. Lo están utilizando muchas marcas automovilística en distintos modelos (Nissan, BMW, Kia, BYD, Smart, Outlander, Peugeot, Citroën, Chevrolet, Opel, Toyota y Lexus ) [30].

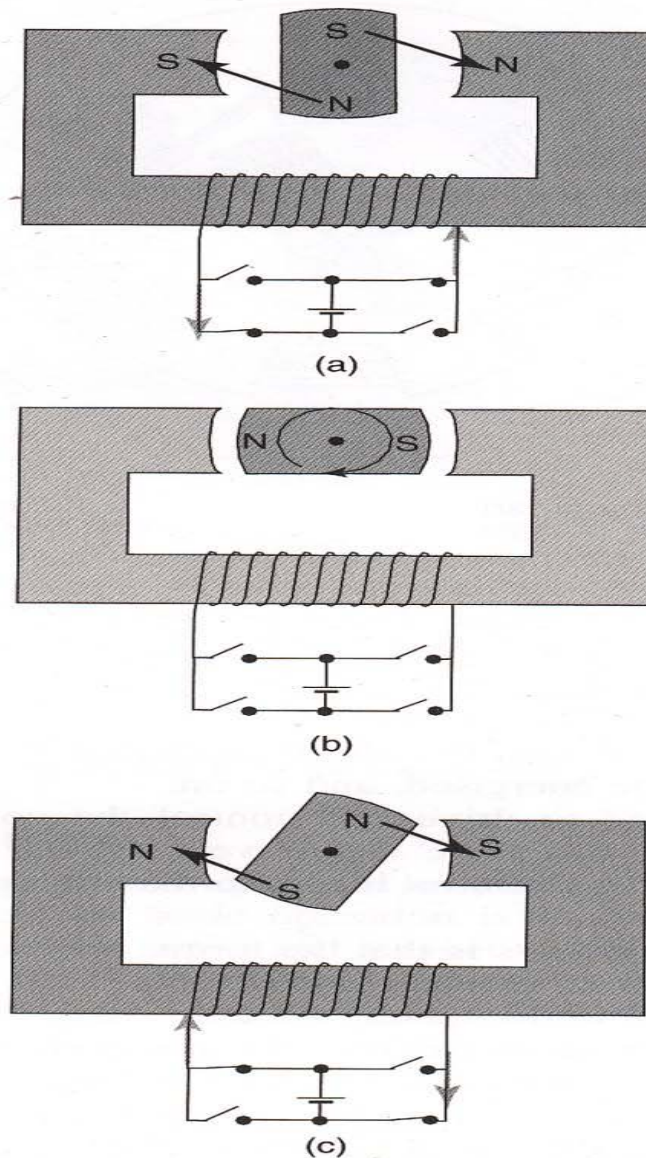


Fig. 11 Motor de imanes permanentes. INSIA (Instituto Universitario de investigación del automóvil). Máster ingeniería de automoción [30]

### III. MOTOR DE RELUCTANCIA CONMUTADA

Este tipo de motor ofrece como ventajas no requerir escobillas, ni imanes permanentes, ni jaula de ardilla; presenta buena velocidad, robustez y fabricación sencilla, por lo que su precio es más bajo. Sus principales inconvenientes son el ruido, el rizado del par y la escasa potencia [30].



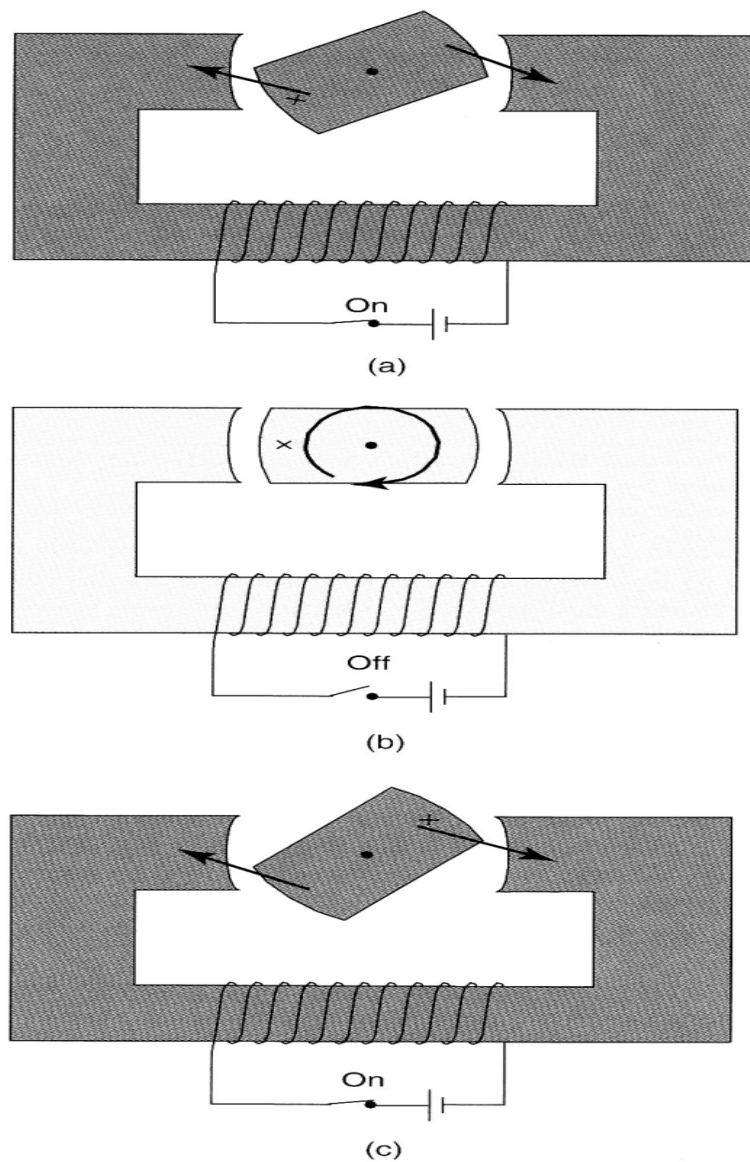


Fig. 12 Motor de reluctancia conmutada. INSIA (Instituto Universitario de investigación del automóvil). Máster ingeniería de automoción [30]

#### IV. MOTOR SÍNCRONO DE EXCITACIÓN SEPARADA

Sus características más favorables son su tamaño, alto rendimiento y buena curva de par. En su contra presenta limitaciones de giro por los contactos deslizantes y alto precio [30].



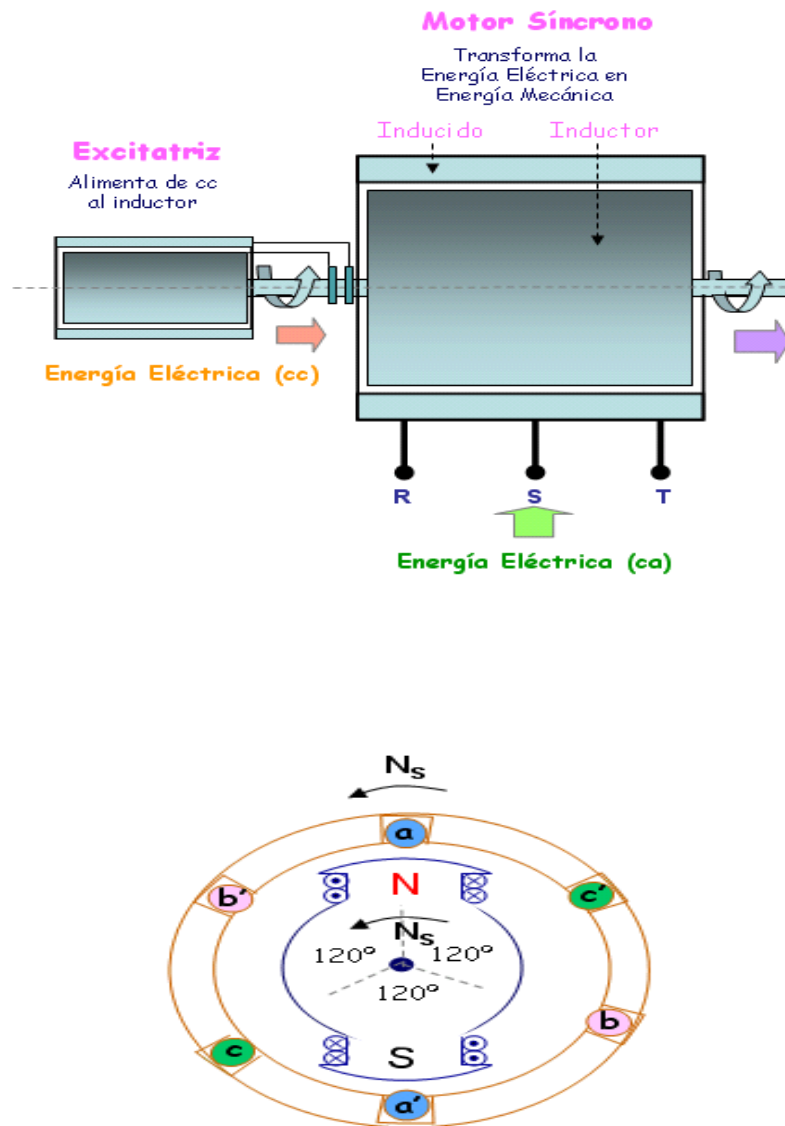


Fig. 13 Motor síncrono. INSIA (Instituto Universitario de investigación del automóvil). Máster ingeniería de automoción [30]

## V. MOTOR SIN ESCOBILLAS DE IMANES PERMANENTES

Las ventajas que tienen son la robustez y poco ruido; debilidades son que aún se encuentran casi en fase experimental, la baja potencia y que son caros. Habitualmente son denominados “*brushless*” y Honda está trabajando en ellos [30].

## **2.3.- COMPARATIVA DEL MOTOR ELÉCTRICO FRENTE AL DE COMBUSTIÓN INTERNA Y AL ELÉCTRICO DE PILA DE HIDRÓGENO**

### **2.3.1.- COMPARATIVA CON EL VEHÍCULO CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA**

El motor eléctrico ofrece grandes ventajas en relación al motor de combustión interna, entre ellas las que a continuación se reseñan:

- **CONTAMINACION ATMOSFÉRICA.** En su funcionamiento no quema combustibles fósiles, no emite GEI a la atmósfera.
- **CONTAMINACIÓN ACÚSTICA.** Es muy silencioso.
- **EFICIENCIA.** Alcanza prácticamente el 90%, lo que implica una gran diferencia frente a los motores de combustión interna cuyas características termodinámicas causan que la eficacia del diesel se sitúe en 40% y todavía sea peor en el motor de gasolina.
- **FABRICACIÓN Y PRECIO.** Al ser mucho más simple (carece de bujías, carburador, circuito de refrigeración, marchas, bombas de presión, embrague...) es más fácil de fabricar y más barato.
- **MANTENIMIENTO.** Como tiene menos elementos su costo es más bajo.
- **DURABILIDAD.** La simplicidad, robustez, limpieza, escasas vibraciones y funcionamiento que no exige alcanzar temperaturas altas, conllevan el incremento de su durabilidad.
- **ESPACIO DEL VEHÍCULO.** Al disponer de menos elementos hay más espacio útil.
- **ARRANQUE DE CERO A LA VELOCIDAD MÁXIMA.** Consigue desarrollar un par máximo desde 0 rpm.
- **NO TIENE CAMBIO DE MARCHAS.** Sólo precisa un mecanismo que distinga el avance y el retroceso y puede ser facilitado por el motor.
- **FRENO REGENERATIVO.** Es motor y generador eléctrico a un tiempo porque recupera la energía de la frenada y recarga las baterías.

- ES ALMACÉN DE ENERGÍA. En esta faceta es necesario continuar investigando, porque permitiría devolver electricidad a la red eléctrica [1].

Los principales inconvenientes que presenta el VE y en los que se ha de centrar la innovación son:

- MENOR AUTONOMÍA.
- TIEMPO DE REPOSTAJE Y DIFICULTAD PARA ENCONTRAR LUGARES DE RECARGA.
- VIDA DE LAS BATERÍAS. Se degeneran con el uso pero los avances actuales son notables.
- Precio muy elevado que encarece el vehículo.
- HABITUARSE A HACER LA RECARGA EN HORAS VALLE DE FORMA INTELIGENTE. Con ello se consigue un consumo eficiente, una energía más barata y aplanar la curva de la demanda eléctrica.

Es indiscutible que el vehículo eléctrico es “eco-inteligente” porque es respetuoso con el medio ambiente al no emitir directamente GEI a la atmósfera, pero esta no es su única ventaja de cara a que se integre en el parque automovilístico y desplace al vehículo de combustión interna, también hay que poner de relevancia sus ventajas técnicas y su mayor eficiencia, de ahí que también sea inteligente, porque su rendimiento es 2,5 veces mejor que el diesel y 3,5 veces mejor que el gasolina, y se va a comprobar en este estudio que ofrece la página web especializada en el vehículo eléctrico de electromovilidad [1]

Se parten de las siguientes magnitudes:

- El consumo medio de los vehículos eléctricos es de 14 kWh/100Km.
- Las emisiones medias del mix eléctrico de generación español son de 0,234 KgCO<sub>2</sub>/kWh.
- El consumo de un vehículo diesel de 100 CV lo situamos en 5 L/100Km.
- Las emisiones por litro de diesel son 2,67 kgCO<sub>2</sub>/L.

Respecto a la contaminación, los datos son significativos pues al recorrer 100 Km el eléctrico emitiría indirectamente 3,3kgCO<sub>2</sub> y el diesel 13.3 kgCO<sub>2</sub> lo que permite ver la gran diferencia entre ambos vehículos [1]

Para analizar la eficacia hay que tener en cuenta tres factores:

- “*Well-to-tank*”: El transporte de la energía desde la fuente hasta el tanque de combustible o la batería del automóvil.
- “*Tank-to-Wheel*”: Desde que se almacena en el vehículo hasta las ruedas.
- “*Well-to-Wheel*”: suma de las precitadas[1]

La eficiencia total del VE prácticamente duplica al vehículo de combustión interna [1].

Para efectuar los cálculos hay que considerar que el consumo medio de electricidad a los 100 Km es de en torno a 12,65 KWh, y se requiere conocer las pérdidas de energía que se producen en el transporte, la distribución y la carga de la batería [1].

VEHÍCULO Y MODELO	CONSUMO Wh/Km	CONSUMO KWh/100Km
BMW i3	169	16,9
YD e6	160	16
Citröen C-Zero	130	13
Ford Focus Electric	140	14
Mitsubishi i-Miev	135	13,5
Nissan Leaf	173	17,3
Peugeot ION	125	12,5
Renault Fluence Z.E	144	14,4
Renault Twizy	76	7,6
Renault Zoe	125	12,5
Smart Fortwo EV	122	12,2

Tesla Model S	200	20
Wolkswagen e-Golf	187	18,7
Wolkswagen e-up	138	13,8
<b>MEDIA</b>	<b>126</b>	<b>12,6[</b>

Tabla 1 Rendimientos. Fuente: electromovilidad.net. Octubre 2017 [1]

“El rendimiento de las distintas fuentes energéticas es el siguiente:

- Carbón/Fuel/Gas/Ciclo Combinado  $\eta=28,9\%$
- Nuclear  $\eta=22,3\%$
- Hidráulica  $\eta=71,2\%$
- Renovables  $\eta=54,6\%$ ” [1]

RENDIMIENTOS	SÍMBOLO	%
Rendimiento de generación	n g	43
Rendimiento de transporte y distribución	n t	93,7
Rendimiento del convertidor electrónico	n c	97
Rendimiento de la batería	n b	98,8
Rendimiento del sistema mecánico	n mec	80
Rendimiento del motor eléctrico	N mot	87,4
	<b><i>Well to wheel</i></b>	<b>26,9</b>

Tabla 2 Rendimientos. Fuente: electromovilidad.net. Octubre 2017 [1]

Del resumen de datos de la tabla se concluye que el factor “Well-to-Wheel” es aproximadamente un 26,9%; teniendo en cuenta que el consumo medio es 12,65 KWh/100 Km, se obtienen los siguientes resultados:

- “kWh/100 km extraídos de la batería: 12,65 KWh
- – kWh/100km extraídos de la red eléctrica: 13,20 KWh
- – kWh/100km generados por la central:14,10 KWh
- – kWh/100km finales, extraídos de la naturaleza: 32,80 KWh" [1].

Con estas pérdidas de energía, en 100 Km se produce un consumo real de 32,80 KWh. Tomando un precio de la electricidad de 0,136366 €/KWh, recorrer 100 km cuesta 1,71€ [1]

Tomando como ejemplo un modelo de gasolina de 100 CV, muy ventajoso, con un consumo bajo de 3,8 litros/100km y considerando un precio de la gasolina de 1,44 euros/l, se gastarían 5,50 euros para recorrer 100 Km; la diferencia es muy notoria [1].

Vehículo y modelo	Tipo	Pot. (cv)	l/100Km	€/Kwh-€/l	€/100Km	AHORRO
Seat Leon 1.4 TGI	gasolina	110	3,8	1,44	5,50	379
Mazda 62.0 Skyactiv	gasolina	145	5,5	1,44	7,90	619
Ferrari 458 italia 4.5 F1	gasolina	570	13,3	1,44	19,15	744
Fiat Punto 1.4 GLP bifuel	GLP	77	7	0,74	5,20	349
Opel corsa 1.3 CDTI	diesel	95	3,3	1,33	4,40	269
Audi A4 2.0 TDI	diesel	150	4,5	1,33	6,00	429
Nissan Qashgai 1.5	diesel	110	3,8	1,33	5,00	329

Lexus CT 200h	Híbrido	136	2,1	1,44	3,00	129
Toyota Prius Plug-In hybrid	Híbrido enchufable	136	3,6	1,44	5,20	349
VE MEDIO	Eléctrico	96	---	0,136366	1,71	
Smart Fortwo EV	Eléctrico	75		0,136366	1,66	-5 €
Nissan Leaf	Eléctrico	109		0,136366	2,36	65
Tesla Model S	Eléctrico	360		0,136366	2,73	102

Tabla 3 Comparativa consumos y potencia. Fuente: electromovilidad.net. Octubre 2017 [1]

### 2.3.2.- COMPARATIVA CON EL VEHÍCULO ELÉCTRICO DE PILA DE HIDRÓGENO.

El coche eléctrico presenta indudables ventajas frente al eléctrico de pila de hidrógeno entre las que cabe destacar:

- **PRECIO INFERIOR:** El VE es más barato; un coche eléctrico puede adquirirse por 29.235 euros sin subvenciones y el de pila de hidrógeno más económico se sitúa al menos en 50.000 euros, por ejemplo, el Toyota Mirai cuesta 58.000 euros y es uno de los modelos de precio más asequible [3] [4].
- **MÁS EFICIENCIA:** El coche eléctrico casi duplica en eficiencia energética al coche de pila de hidrógeno. Si se suman todas las pérdidas de energía del VE y considerando una situación muy desfavorable, se alcanzaría una pérdida de 28 KWh/100 km; mientras que en el coche de pila de hidrógeno la energía perdida es de 91 KWh/100 km. Del pozo a la rueda consume prácticamente el triple de energía que el eléctrico y además el rendimiento de la pila de combustible sólo es de 60% o 70%. Cuantos más procesos de transformación de energía tengan que producirse, hay más pérdidas e inferior rendimiento [3] [4].

- **MENORES EMISIONES DE GEI:** ninguno de los dos tipos de vehículo emite gases durante su funcionamiento, pero considerando las emisiones que se producen al generar la electricidad, el eléctrico provoca menos porque es más eficiente por su menor consumo.

Las emisiones que se producen indirectamente al generar la electricidad varían dependiendo de la fuente de energía que se haya utilizado; hay que abandonar las fuentes de combustible fósiles como el carbón porque son muy contaminantes y primar las fuentes renovables. El VE en España incluso en la situación actual es de gran interés porque un tercio de la electricidad obtenida en el año 2017 procede de fuentes renovables.

Si consideramos que la generación de energía procede de la misma fuente para recargar la batería del VE y para producir el hidrógeno de la pila de combustible, las emisiones del eléctrico son menores porque consume menos energía y es más eficiente que el de pila de hidrógeno [3].

- **MENOR CONSUMO ENERGÉTICO Y MENOR COSTO:** La recarga del coche de pila de hidrógeno es más cara; actualmente el coste mínimo para recorrer 100 km es superior a 10 euros. Si se recarga el VE en la tarifa súper valle, hablaríamos de un coste medio de aproximadamente 1,50 euros/100 Km y si la recarga es en horario diurno, de entorno a 2,5 o 3 euros/100 Km [3] [21].
- **SUPERIOR POTENCIA:** se fabrican con motores más potentes que el de pila de hidrógeno.
- **MAYOR NÚMERO DE INFRAESTRUCTURAS DE RECARGA** Es muy difícil localizar hidrogeneras, aún más que encontrar puntos de recarga del VE.

También el vehículo eléctrico presenta algunas desventajas en su comparativa con el de pila de hidrógeno que a continuación se indican:

- **INFERIOR AUTONOMÍA:** El de pila de hidrógeno tiene una autonomía que ronda los 600- 800 Km, mientras que la autonomía media homologada de los eléctricos se encuentra entre 160-400 Km; aunque haya alguna excepción que supera ampliamente este rango son vehículos eléctricos de precio muy alto.



- **RECARGA MÁS LENTA:** La recarga completa del VE ordinaria que se efectúa en el garaje varía entre las 4 y las 12 horas en función de algunos elementos como son la potencia de recarga, tipo de instalación y capacidad de la batería. Si se efectúa en puntos de recarga rápida o súper rápida, el tiempo disminuye notablemente y hablamos de media hora o una hora. En cualquier caso estos tiempos superan con creces el tiempo de repostaje del vehículo de pila de hidrogeno que tarda casi lo mismo que los de combustión interna, de 3 a 5 minutos [3].
- **EL VEHÍCULO ELÉCTRICO OBLIGA A LOS USUARIOS A ADOPTAR NUEVOS HÁBITOS:** la limitación de la autonomía exige estar pendiente de la carga de la batería y planificar los viajes para localizar puntos de recarga donde a su vez tendrán que efectuarse paradas más largas; también a que el repostaje habitual sea por las noches en el garaje. A muchos usuarios estos cambios de hábitos no les gustan y disminuye su interés por el VE [3].
- **LA AUTONOMÍA DEL VE SE VE PERJUDICADA POR LAS TEMPERATURAS EXTREMAS:** La batería del coche eléctrico requiere una temperatura adecuada para su funcionamiento, las temperaturas muy bajas obligan a que funcione la calefacción de la batería y la del habitáculo; las temperaturas muy altas también provocan el consumo de aire acondicionado en ambos lugares; esto incrementa el gasto de energía de las propias baterías y merma la autonomía. Este problema no lo tiene el coche de pila de hidrógeno.
- **LA POTENCIA SE REDUCE SI LA CARGA DE LA BATERÍA ES BAJA:** Efectivamente cuando la carga está baja, la batería facilita menos potencia.
- **VIDA ÚTIL DE LA BATERÍA:** Con los desarrollos y mejoras en las baterías y las nuevas baterías de ión-litio, la vida útil de éstas ha aumentado mucho y los expertos consideran que soportan 3.000 ciclos de recarga completas y más de 20 años de vida útil, con unas pérdidas por el desgaste asumibles. Aún así, la tecnología continua mejorando sus prestaciones [4].

## 2.4.- TIPOS DE COCHE ELÉCTRICOS

En términos amplios podemos hablar de la existencia de dos tipos de vehículos eléctricos, a mayores de los eléctricos de pila de hidrógeno, que son los vehículos eléctricos puros (BEV) y los vehículos eléctricos híbridos (HEV). Estos últimos a su vez presentan distintos subtipos en función de variadas configuraciones al combinar de distinta manera los modos y la función del motor eléctrico y del motor de combustión interna.

### 2.4.1.- Vehículo eléctrico a baterías o Battery Electric Vehicle (BEV)

Es el VE clásico, propulsado exclusivamente por uno o varios motores eléctricos; la energía es proporcionada por baterías recargables por conexión a la red eléctrica [1].

Ya se han analizado las principales limitaciones que presentan (autonomía, precio de adquisición que viene marcado por el precio de las baterías, la escasez de puntos de recarga públicos y el tiempo que precisa recargar las baterías). Las distintas marcas del automóvil están ofertando bastantes modelos, entre los que destacan en ventas Nissan LEAF, Renault ZOE, e-Golf, BMW i3 VW, Tesla Model S, , Mitsubishi i-MiEV, Smart ED, Renault Kangoo, etc.



Fig. 14 Nissan LEAF, un BEV. Fuente: [electromovilidad.net](http://electromovilidad.net). Octubre 2017 [1]

### 2.4.2.- Vehículos Híbridos Eléctricos (HEV)

Los vehículos híbridos se caracterizan por disponer de un mínimo de dos sistemas de almacenamiento de energía y dos convertidores. Constan del motor de combustión interna (MCIA) de mayor potencia que puede funcionar continuamente y de un motor eléctrico (ME) que sirve de apoyo en par si se requiere más potencia; también permite recuperar energía al frenar y en algunos tipos de híbridos, se puede funcionar exclusivamente en modo eléctrico en recorridos diferentes según modelos [1]

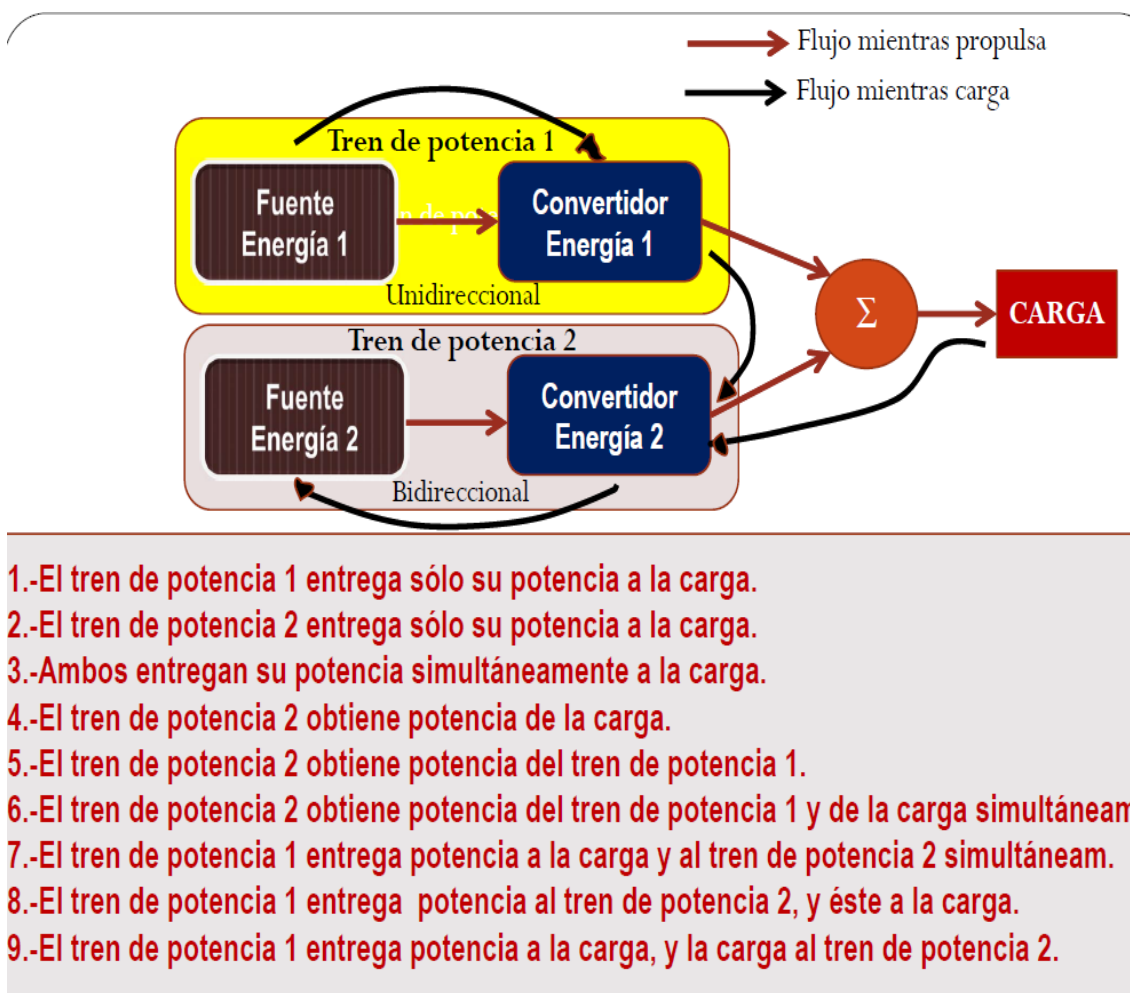


Fig. 15 Esquema de funcionamiento del VE INSIA. Máster ingeniería de automoción [30]

La potencia de un vehículo durante un ciclo de conducción no es uniforme y se modifica en función de distintos factores tales como el tipo de conducción (acelerones, desaceleraciones), si hay subidas y bajadas de pendientes o la orografía por la que se discurre es plana, etc.

La potencia se compone de una potencia estacionaria constante y una potencia dinámica de media cero. En los híbridos, un sistema propulsor está favorecido por el funcionamiento cuasi estacionario del MCI, mientras que el motor eléctrico puede aportar la potencia dinámica y servir al otro sistema propulsor [1].

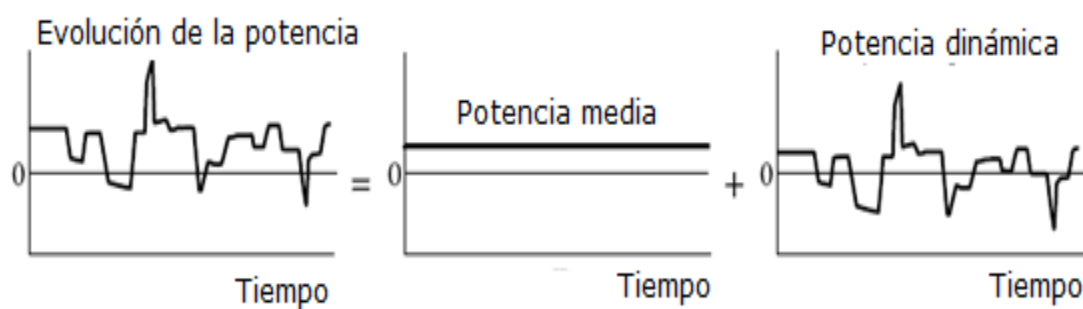


Fig. 16 Esquema de evolución de potencia media y potencia dinámica. INSIA. Máster ingeniería de automoción [30]



Fig. 17 Esquema diferentes modelos de vehículo híbrido eléctrico. Fuente: endesa.educa.com. Octubre 2017 [2]

#### 2.4.2.1.- Vehículo híbrido enchufable o Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV)

Son un tipo de híbridos que disponen de motor eléctrico y su batería se recarga mediante conexión a la red eléctrica; tienen capacidad para funcionar exclusivamente en modo eléctrico distancias variables de 5 Km a 90 Km. Además disponen de motor de combustión interna [30]. Dentro de este grupo de híbridos se distinguen algunas variantes:

##### I. HÍBRIDOS EN SERIE (ACOPLAMIENTO ELÉCTRICO)

El motor eléctrico es el encargado de dar tracción al vehículo, mientras que el motor de combustión posibilita recargar la batería y apoyar al motor eléctrico cuando se necesite.

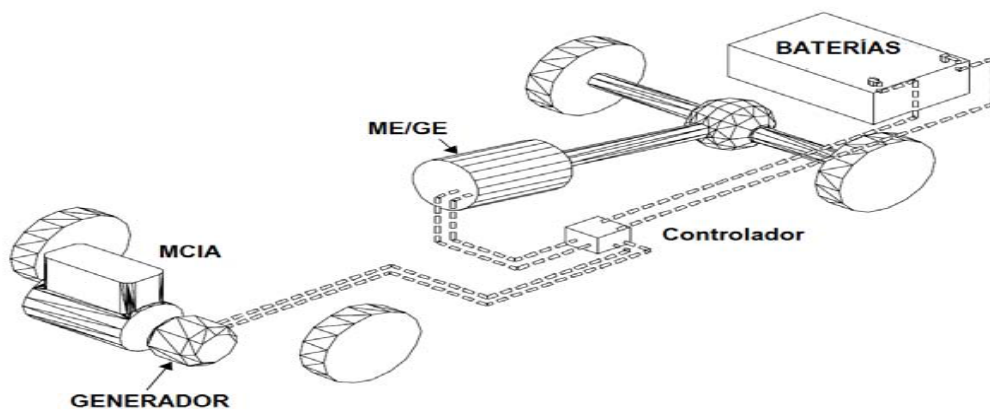


Fig. 18 Esquema de híbrido en serie. Fuente INSIA. Máster ingeniería de automoción [30]

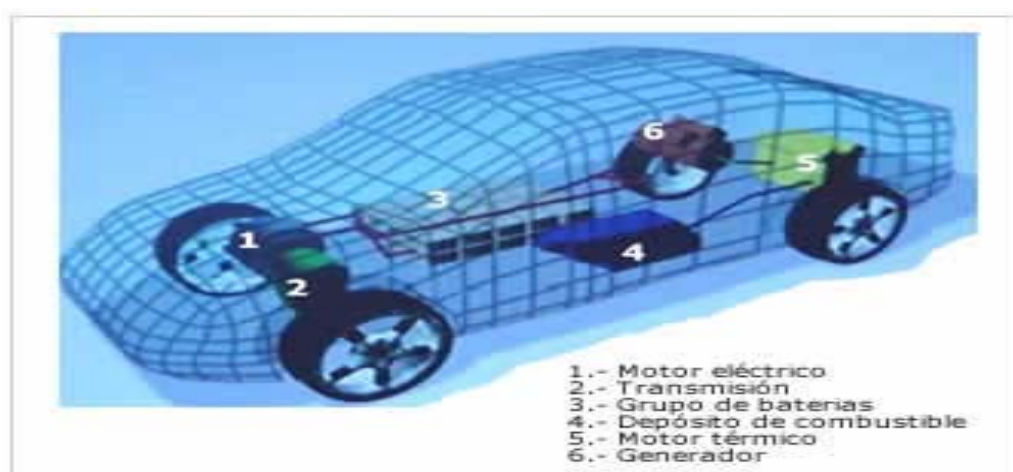


Fig. 19 Esquema dos de híbrido en serie. Fuente INSIA. Máster ingeniería de automoción [30]

Las ventajas que presenta esta arquitectura son [30]:

- Selección del punto de funcionamiento del MCIA (rpm, par).
- Reducción del tamaño del MCIA.
- Tracción eléctrica.
- Amplio funcionamiento en modo puramente eléctrico.
- Buena recuperación de la energía en frenado.
- Fácil instalación de los componentes.
- Fácil gestión de la transmisión.

A su vez tiene algunos inconvenientes como son:

- Bajo rendimiento energético.
- Necesidad de utilizar dos máquinas eléctricas y dos circuitos electrónicos de potencia (masa, coste, volumen)
- Imposibilidad de utilizar el MCIA para tracción.
- Diferencias importantes en relación al tren de potencia convencional.
- Paquete de baterías grande.

## II. HÍBRIDOS EN PARALELO (ACOPLAMIENTO MECÁNICO)

El motor de combustión interna sirve la tracción al vehículo cuando quiera el conductor según el modo en el que prefiera desplazarse. También tiene dos embragues [30].

Hay numerosos modelos en el mercado de este tipo de híbridos enchufables en casi todas las marcas, pudiendo destacarse algunos de ellos entre los que se encuentran BMW i8, BYD F3DM, Toyota Prius, Audi A3, Mercedes S500 Hybrid, Mitsubishi Outlander PHEV, Porsche Panamera Hybrid.



Fig. 20 BMW i8. Ejemplo de híbrido enchufable. Fuente: endesa.com. Octubre 2017 [2]

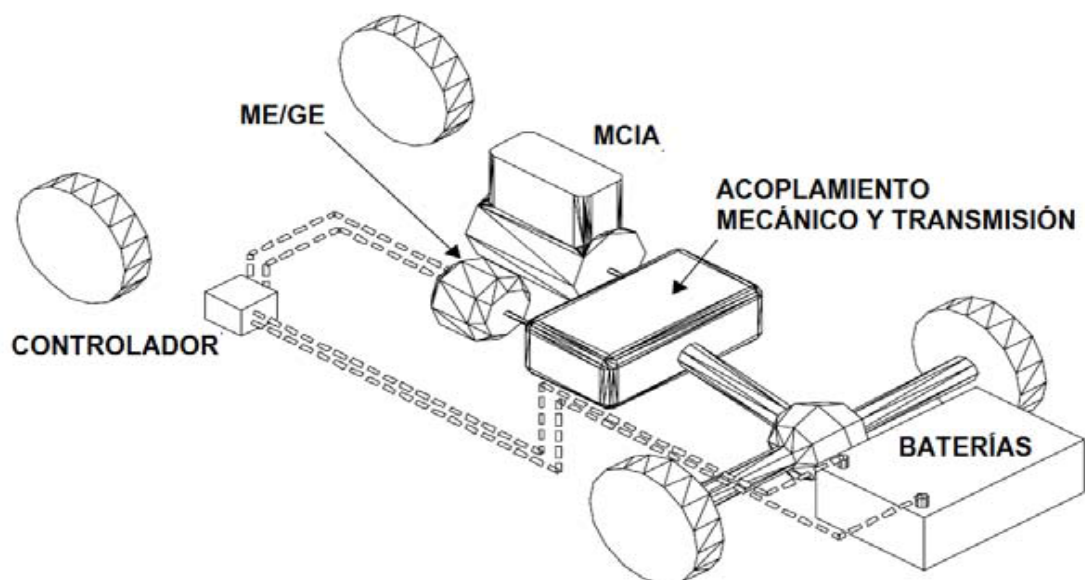


Fig. 21 Esquema híbrido en paralelo. Fuente INSIA. Máster ingeniería de automoción [30]

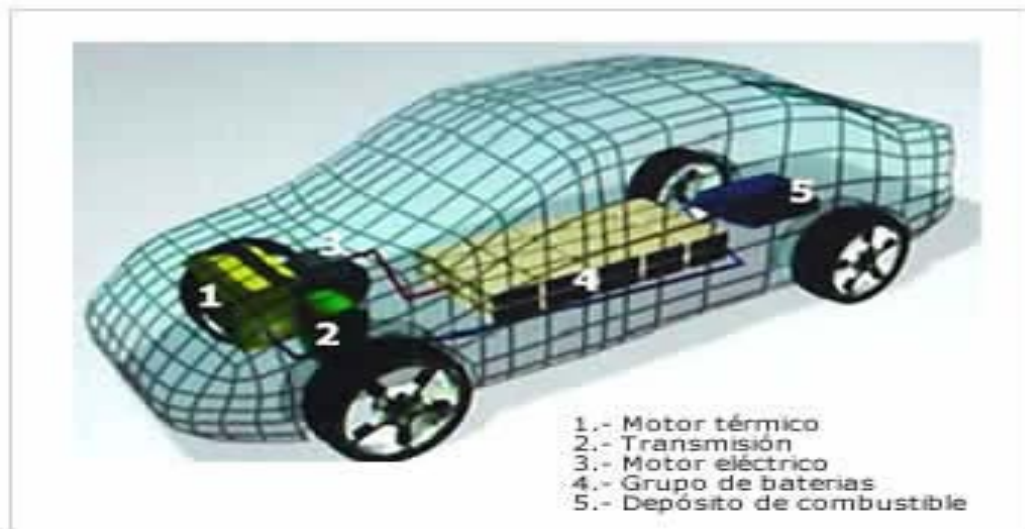


Fig. 22 Esquema híbrido en paralelo (dos). INSIA. Máster ingeniería de automoción [30]

Las ventajas que presentan estos híbridos son:

- Buen rendimiento en materia de energía.
- Parecido con el tren de potencia convencional.
- Posible tracción con MCIA.
- Menor número de componentes.
- Menor paquete de baterías.

También tienen algunos inconvenientes entre los que pueden mencionarse los siguientes:

- Elevado funcionamiento del MCIA
- Menores posibilidades de reducir el tamaño del MCIA
- Poca o nula tracción eléctrica.
- Recuperación inferior de la energía durante la frenada.
- Gestión compleja de la transmisión.
- Dificultad de instalar los componentes.
- Acoplamientos mecánicos complejos [30].



#### 2.4.2.2.- Vehículo eléctrico de autonomía extendida o Extended Range Electric Vehicle (EREV)

Los EREV o PHEV-RE son básicamente eléctricos que se caracterizan por tener un motor de combustión muy pequeño que se convierte en generador para cargar linealmente la batería cuando ésta se descarga; el ritmo de carga es inferior al de descarga. Estas características le convierten más en un eléctrico que en un híbrido.

Entre los modelos que las marcas ofrecen de esta variante se pueden citar algunos como BMW i3 versión REx, Opel Ampera, Chevrolet Volt, o el famoso Fisker Karma [3].



Fig. 23 Fisker Karma, ejemplo de EREV. Fuente: [xataca.com](http://xataca.com). Octubre 2017 [3]

Hay otras variantes que son poco híbridas, porque el vehículo no se mueve sólo con su motor eléctrico, y entre ellas, pueden citarse:

**Mild-hybrid:** El motor eléctrico exclusivamente facilita un par extra cuando se requiere y mantiene el vehículo en marcha en las paradas mientras que el motor de combustión interna se para. A veces disponen de freno regenerativo que permite recargar las pequeñas baterías.

**Micro-hybrid:** prácticamente no son nada híbridos, menos aún que los descritos anteriormente, pues en ocasiones no incorporan baterías recargables ni permiten la circulación propulsada por otra energía alternativa. Las novedades eléctricas que presentan se centran en:

- El sistema de frenada regenerativa.
- Sistema *start-stop* con el que el motor de combustión interna se apaga en las paradas, y disminuye el consumo de gasolina aproximadamente en 10%, pero consume más electricidad al arrancar [3].

## **CAPÍTULO 3.- PRODUCCIÓN Y VENTAS ACTUALES DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO.**

En estos últimos años concurre un conjunto de circunstancias que han propiciado una nueva oportunidad para el despegue y la implantación del coche eléctrico, entre las que vamos a citar las siguientes:

- Necesidad de iniciar un nuevo tiempo histórico en el que la economía mundial se encamine hacia la descarbonización con un cambio en el patrón energético.
- La recesión económica mundial.
- La conciencia de que las reservas petrolíferas del planeta son limitadas y se agotarán; a la vez que es una causa de dependencia respecto de los países productores de petróleo.
- Problemas medioambientales de contaminación tanto en las grandes ciudades como en el planeta en su conjunto, constatándose que la emisión de gases está provocando el efecto invernadero y que es necesaria su reducción. Con este motivo se han impulsado Tratados y normativas que limitan la emisión de gases y en algunos países imperativamente se obliga en el medio plazo al uso de coches híbridos y eléctricos, prohibiciones que ya son una realidad en algunas ciudades.
- Planes de algunas administraciones públicas para fomentar el uso de coches híbridos y eléctricos así como restricciones y prohibiciones al vehículo de combustión interna.
- Los fabricantes de coches están efectuando grandes inversiones en la tecnología del VE. Todas las marcas ofrecen modelos híbridos y eléctricos. Hay numerosos sectores industriales y tecnológicos que están viendo una nueva oportunidad de negocio.
- La eficacia y eficiencia que han adquirido los motores eléctricos frente a los de combustión interna.
- El motor de combustión interna tiene ya poco margen de mejora para reducir consumo y emisiones de GEI.

En la prensa digital diaria se constata que la presentación de nuevos modelos de vehículos eléctricos e híbridos es constante, así como las noticias ligadas al vehículo eléctrico.

A nivel mundial, especialmente en EE.UU, China, Japón y los países europeos, la oferta de eléctricos e híbridos es muy grande, y encabeza las ventas el utilitario Nissan Leaf.

El sector de híbridos está liderado por las marcas Toyota y Lexus pero otras grandes firmas han comenzado a ofrecer sus modelos como Mercedes Benz, BMW, Peugeot, Citroën, etc.

Las principales marcas de vehículos y sus novedades en vehículo híbrido y eléctrico son:

- TESLA está impulsando una revolución en la industria del automóvil presentando importantes avances tecnológicos, en su inicio con sus modelos eléctricos de alta gama y posteriormente con propuestas de automóvil conectado y sistemas autónomos de conducción. También está desarrollando aspectos de las infraestructuras de recarga, cambio de baterías, etc. El día 15 de noviembre de 2017 presentó públicamente su camión eléctrico.
- VOLVO se ha comprometido a que a partir de 2019 todos sus modelos tengan al menor un motor eléctrico y a lanzar antes de 2020 cinco nuevos eléctricos, dos de los cuales tendrían Polestar. Gran parte de sus modelos habituales se fabricarán en versión híbrida.
- JAGUAR y LAND ROVER se han comprometido a que a partir de 2020 todos sus modelos serán eléctricos o híbridos. Ya tienen a la venta un todo-camino 100% eléctrico, el i Pace.
- MERCEDES BENZ tiene varios modelos de coches 100% eléctricos e híbridos y ha hecho una importante apuesta tecnológica por la electromovilidad.
- CITROËN mostró su Mehari 100% eléctrico en el Salón del Automóvil de Fráncfort en octubre de 2017.
- OPEL mostró en el Salón de Fráncfort el todo camino Grandland X, que tendrá su versión en híbrido enchufable.
- RENAULT presentó en el Salón del Automóvil en Fráncfort el Symbioz, eléctrico, autónomo y conectado. Esta marca lidera las ventas con el Zoe (autonomía por encima de los 400 Km) y dispone de la furgoneta Kangoo ZE .
- SKODA presentó en IFEMA en 2017 en versión eléctrica de su modelo Visión E.

- LEXUS está especializado en híbridos y en 2017 presentó el compacto CT200h, y su todo camino NX300h.
- HONDA se ha comprometido que todos sus nuevos modelos europeos tendrán algún motor eléctrico y presentó en 2017 el todo camino CR-V.
- GENERAL MOTORS ha anunciado que su investigación estará centrada en el VE y su compromiso es lanzar veinte modelos eléctricos antes de 2023. Se centrará en los mercados de países que van a prohibir los vehículos de CI.
- BMW presentó en la Feria de IFEMA de 2017 los modelos BMW i3 (100% eléctrico) y el i8 (deportivo híbrido enchufable con autonomía en eléctrico de 37 Km) [6].
- NISSAN presentó en IFEMA en 2017 una nueva versión de Nissan Leaf, eléctrico puro y autonomía de 378 km. Presenta aspectos que avanzan hacia la conducción autónoma y el sistema de almacenamiento de energía [6].
- HYUNDAI mostró en el Salón de IFEMA de 2017 el modelo Ioniq que tiene tres versiones, eléctrica pura, híbrida e híbrida enchufable [6].
- VOLKSWAGEN presentó en 2017 en el Salón de IFEMA el nuevo E-Golf 100% eléctrico con 300 Km de autonomía homologada.
- PEUGEOT presentó en IFEMA su Partner Tepee Eléctrica, muy adaptada a la ciudad y para uso de empresas.
- Toyota continúa centrada en los modelos híbridos enchufables y los de hidrógeno; muestra menos interés en los eléctricos puros.

Los coches eléctricos fueron la estrella en el Salón de Fráncfort y en la Feria de IFEMA del año 2017, que ha tenido como novedad un área exclusiva para la movilidad eléctrica [6].

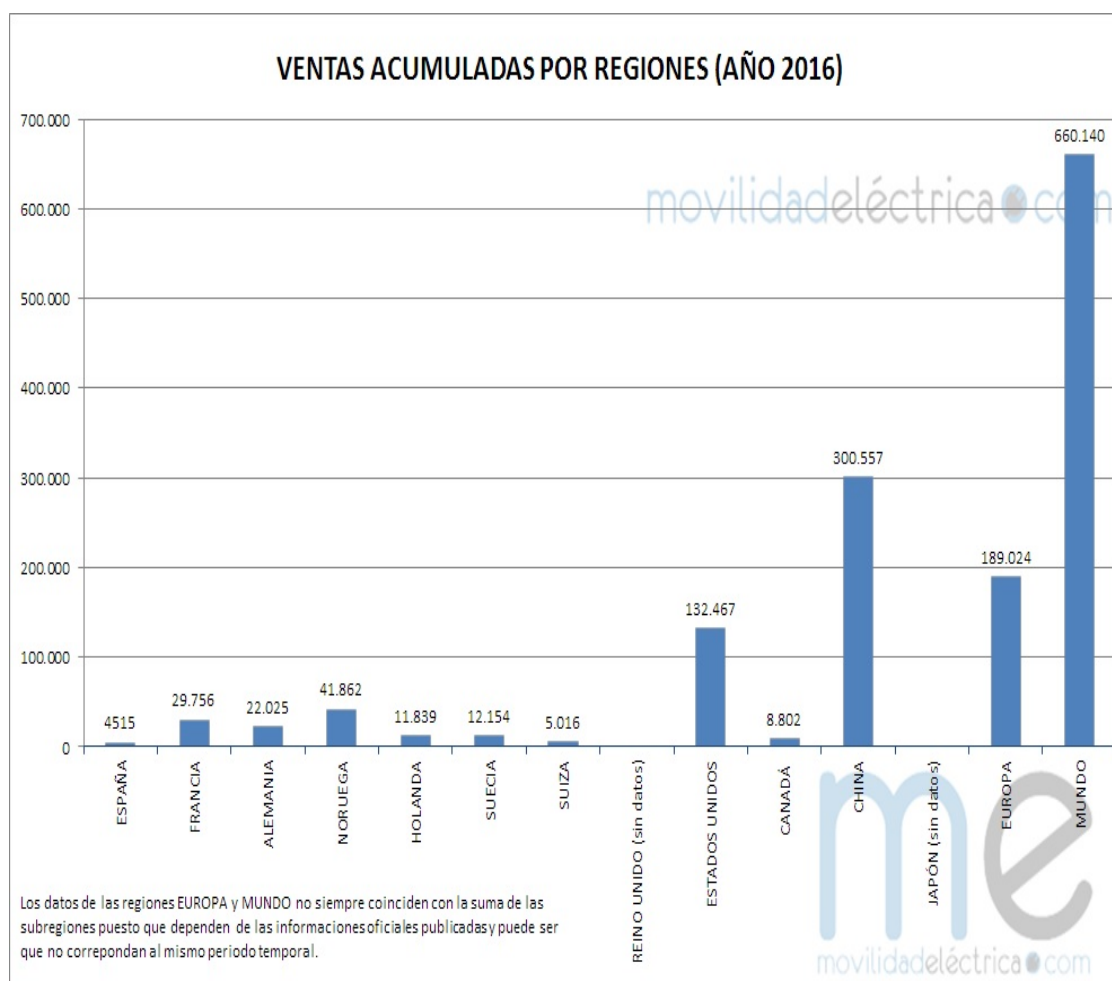
Las inversiones que el sector del automóvil está haciendo en I+D+i del vehículo eléctrico prueba que el despegue de esta movilidad es irreversible y se constata en los continuos anuncios de fabricantes europeos que han elegido China para fabricar sus nuevos modelos. Las nuevas normativas sobre emisiones en mercados como Estados Unidos y Europa conllevan que cada vez sea más difícil y caro fabricar motores de combustión interna y los precios de los coches eléctricos se espera vayan bajando paulatinamente.

El vehículo eléctrico así como el vehículo autónomo van a ser vehículos conectados y a generar en muchos sectores industriales y tecnológicos (servicios de nube, Big data, etc.) una gran

oportunidad de negocio y nuevo empleo, si bien el declive del coche de combustión interna provocará también pérdida de empleos.

A continuación se expone un análisis comparativo de la cuota del sector que ocupa el VE en el parque automovilístico, sus ventas y la tendencia de evolución que están teniendo actualmente.

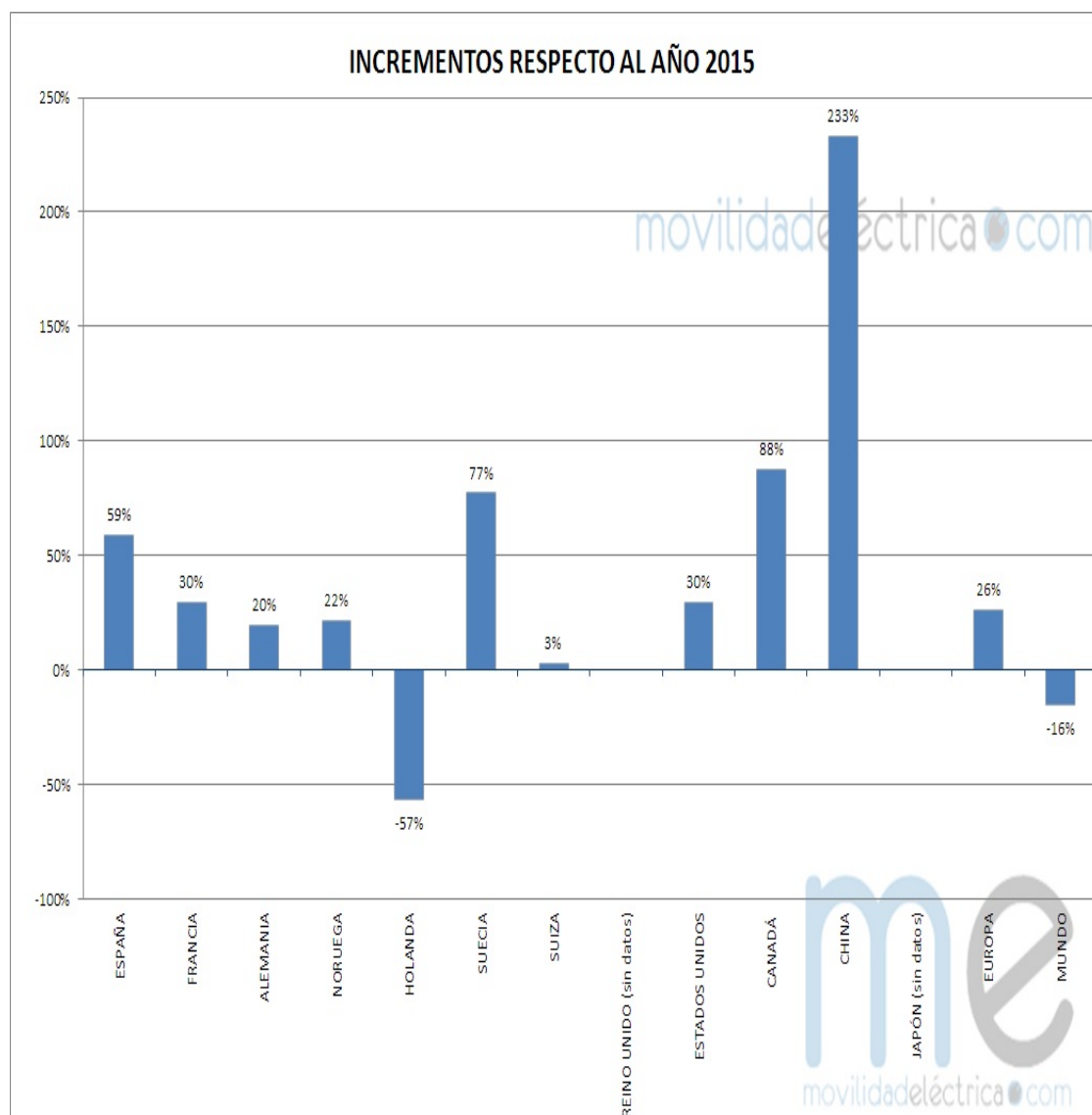
### 3.1.- ANÁLISIS DE VENTA Y CUOTA DE MERCADO A NIVEL MUNDIAL



**Fig.24 Ventas acumuladas de vehículos eléctricos e híbridos enchufables por regiones del mundo año 2016.** Fuente movilidadeléctrica.net. Octubre 2017 [7]

China lidera las ventas del VE, en segundo término se encuentran los países de la Unión Europea seguidos de EE.UU. También se observa la importancia de ventas en Noruega.

Dentro de la UE son relevantes las ventas en Finlandia, Alemania, Suecia y Francia. Nuestro país comparativamente tiene ventas muy pequeñas [7].



**Fig25 Incrementos de ventas anuales de vehículos eléctricos e híbridos enchufables en 2016 respecto a 2015. Fuente movilidadeléctrica.net. Octubre 2017 [7]**

Si se compara el nivel de ventas de los años 2015 y 2016, los países donde se constata un incremento más fuerte son China, Canadá, Suecia y también España.

En España el crecimiento en 2016 respecto al año anterior ha sido notable, pero en términos absolutos continúa en magnitudes ínfimas. Se observa que en Holanda, por el contrario, ha habido un retroceso porque disminuyó el apoyo institucional al VE.

Según datos ofrecidos por el Departamento de Energía de EE.UU, de los 756.000 vehículos eléctricos puros y enchufables vendidos en 2016 en todo el mundo, el 95% se vendieron en China, Europa, Estados Unidos, Japón y Canadá [7].

En China las ventas se incrementaron un 53% en un año, sumando 317.000 vehículos. Este país es el mayor mercado del mundo del VE; el gobierno chino potencia su fabricación en el país, apoya su adquisición y está prohibiendo el uso del automóvil de combustión interna por el enorme problema de contaminación. En el mismo período en EE.UU las ventas de han crecido un 40% [7].

Noruega es el país con una relación más alta entre el número de vehículos eléctricos su densidad demográfica; la mitad de las matriculaciones son de eléctricos puros e híbridos [7].

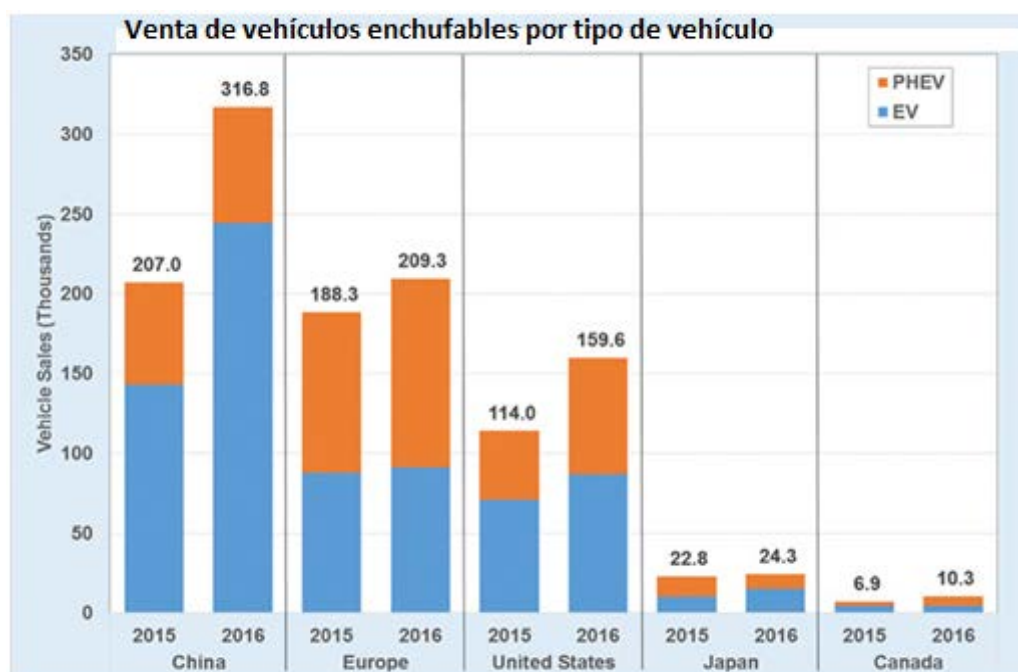


Fig. 26 Ventas de vehículos eléctricos Plug-in de 2015-2016. Fuente: Departamento de Energía de EE.UU. [28]



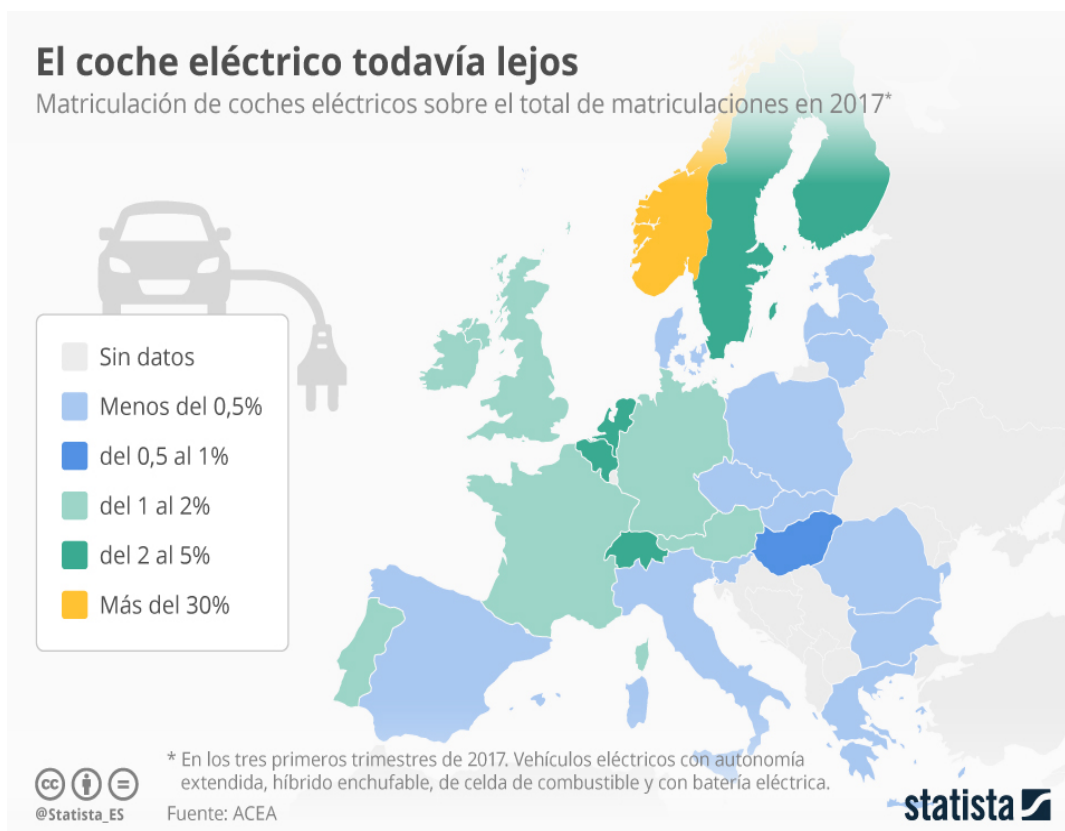


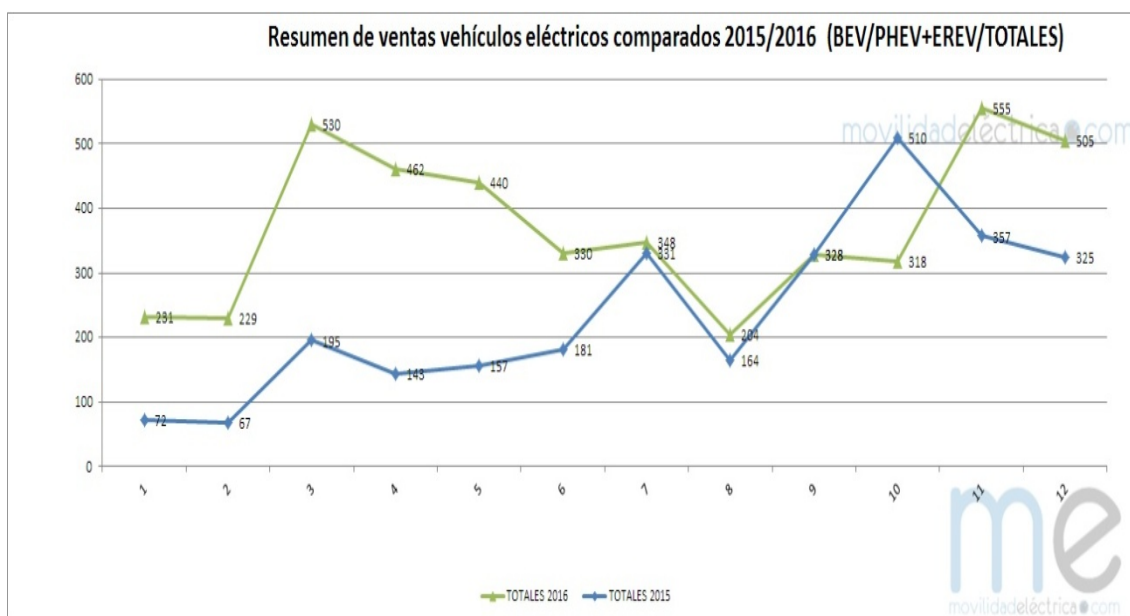
Fig. 27 Matriculaciones de vehículo eléctrico en Europa a datos de 2017 Fuente: ACEA [40]

### 3.2.- ANÁLISIS DE VENTA Y CUOTA DE MERCADO EN ESPAÑA

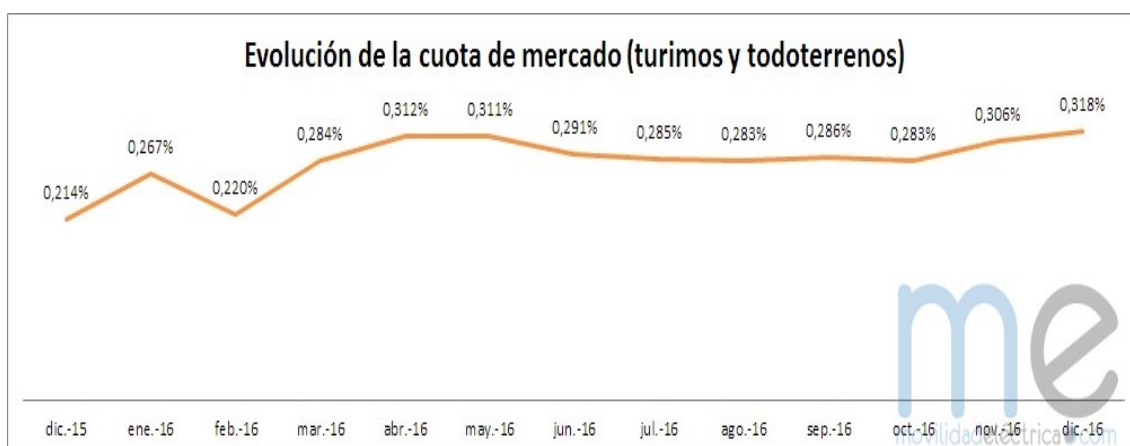
En España son notables los incrementos que se producen cada año en la venta de coches eléctricos en términos de porcentaje, pero el crecimiento que se esperaba no se ha producido y el VE representa una escasa cuota del parque móvil (sólo el 0,318% sin considerar los vehículos industriales).

Según datos de Anfac las ventas de VE en el año 2016 fueron de 4.515 unidades sumando todos los modelos de eléctricos y esta cifra representa un crecimiento del 59% respecto al año anterior. El líder de ventas fue el Citroën C-Zero por la compra de Emov para el “carsaharing” en Madrid. El híbrido enchufable de mayor venta fue el Mitsubishi Outlander PHEV.

Las estadísticas comparadas de ventas de eléctricos de los años 2015 y 2016 se aprecian en los siguientes gráficos:



**Fig.28 Comparativo ventas en España de vehículos eléctricos 2015-2016. Fuente movilidadeléctrica.net. Octubre 2017 [7]**



**Fig. 29 Evolución de la cuota de mercado de eléctricos e híbridos enchufables en España (turismos y todoterreno). Fuente movilidadeléctrica.com. Octubre 2017 [7]**

Respecto a modelos y marcas, las ventas en España en datos de 2016 se exponen a continuación en la siguiente figura:

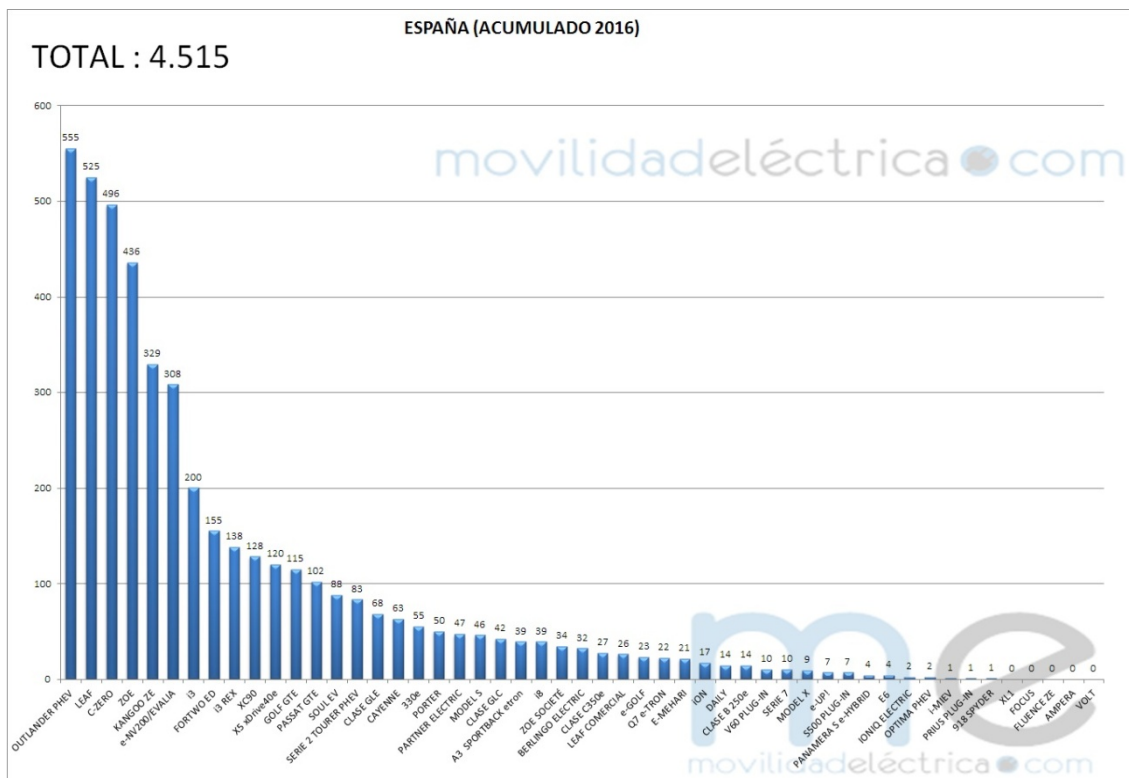


Fig. 30 Ventas acumuladas de vehículos eléctricos e híbridos enchufables en España (Diciembre 2016). Fuente movilidadeléctrica.com. Octubre 2017 [7]

Nissan tiene la mayor cuota de mercado en los eléctricos con un 19% y entre sus modelos destaca el Nissan Leaf del que se vendieron 525 unidades. Le sigue a corta distancia Renault con sus ventas del Zoe, y una cuota del 18%. La tercera posición la ocupa BMW con una cuota del 14%, Mitsubishi representa el 12%. A la par se encuentra Citroën. En ventas de vehículos eléctricos industriales destacaron las de e-NV200 de Nissan y la Renault Kangoo ZE 22 [7].

Los principales incrementos de ventas se han notado con las adquisiciones de eléctricos por las distintas empresas dedicadas al “carsharing” en Madrid y también en los meses que se aprueban planes públicos que subvencionan la adquisición, pero estos planes están siendo dotados de pocos fondos y se han agotado en pocos días; el sector reclama mayores ayudas para fomento del VE.

En el año 2017 se vendieron en nuestro país 9.665 unidades de eléctricos puros y 3.350 híbridos. La mayor demanda es en Madrid y el Renault Zoe superó al Nissan Leaf por la compra que ha hecho este año la empresa Zity para *carsharing* [3].

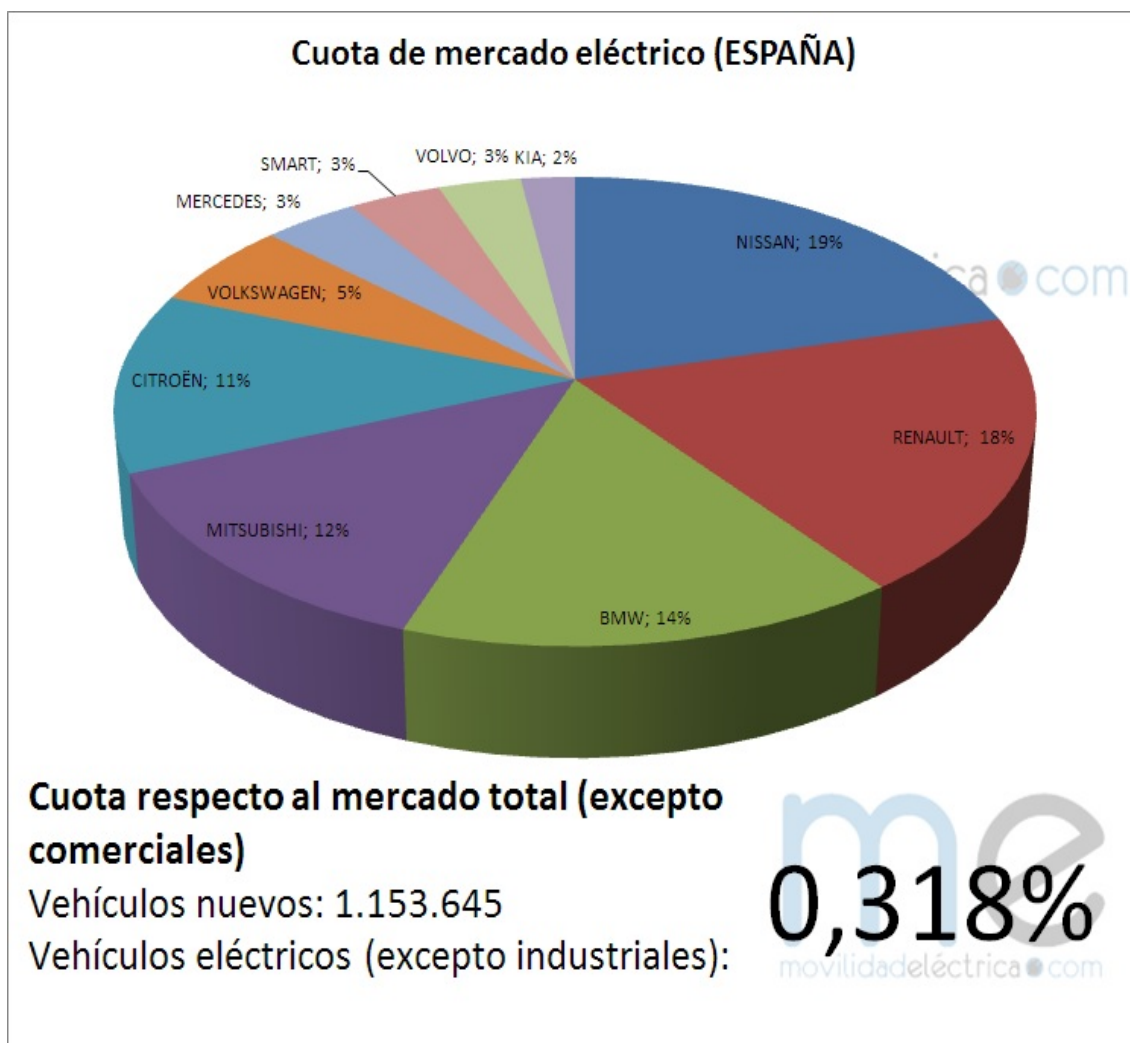


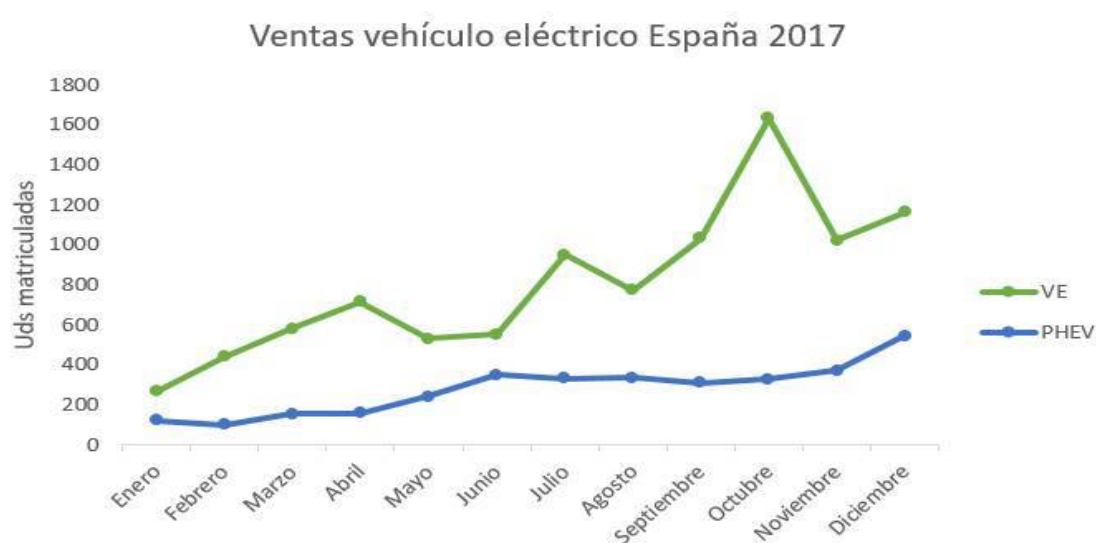
Fig.31 Cuota de mercado de vehículos eléctricos respecto al mercado total en España. Fuente [movilidadeléctrica.com](http://movilidadeléctrica.com). Octubre 2017 [7]

España, con una cuota de mercado de 0,318% de eléctricos, tiene una posición muy inferior a los países europeos más avanzados como Reino Unido (1,7%), Alemania (1,3%), Francia (1,5%), Portugal (1,4%). La media europea es 1,2% según datos European Alternative Fuels Observatory (EAFO).

En cierto que Italia tiene una cuota de 0,2% pero es porque este país, como la Republica Checa, han impulsado mucho los vehículos de gas natural.

Los países que se encuentran en el rango del nuestro son los del este de Europa; de hecho nuestro país sólo supera a Estonia, Lituania, Rumanía, Dinamarca, Grecia y Polonia [6].

La situación española todavía es peor si la compramos con los países del norte del continente: Suecia tiene una cuota de 4,3%, Bélgica de 2,3% y Finlandia de 2% [6].



**Fig.32 Ventas de coches eléctricos en España durante 2017. Fuente [movilidadeléctrica.com](http://movilidadeléctrica.com). Abril 2017**

España sale muy mal parada en la comparativa de electrificación del parque móvil y de instalación de redes de recarga con respecto al resto de países europeos y esto puede atribuirse a varias circunstancias, entre las que se pueden citar:

- Hasta ahora había poca oferta en los modelos de eléctricos, en tanto que la oferta de modelos de combustión interna era grande.
- La menor autonomía (actualmente mejorada y situada entre 300-520 Km).
- Alto precio de adquisición del VE, especialmente sin subvenciones.
- La escasez de redes de recarga y la necesidad de tener garaje propio.

El Proyecto CIRVE de corredores ibéricos impulsa crear una red de recarga rápida y súper-rápida de cara a 2020, con puntos de recarga en sitios estratégicos para recorrer largas distancias [25].



Fig. 33 "Renault Zoe Z40 01" La versión homologada actual tiene 403 km de autonomía Fuente [Forococheselectricos.com](http://Forococheselectricos.com). Noviembre 2017 [21]



Fig.34"Chevrolet Bolt EV tiene 520 km de autonomía homologada NEDC. Fuente [Forococheselectricos.com](http://Forococheselectricos.com). Noviembre 2017 [21]

## **CAPÍTULO 4.- MARCO NORMATIVO MEDIOAMBIENTAL Y MEDIDAS PARA IMPULSAR LA MOVILIDAD ELÉCTRICA. HACIA UNA ECONOMÍA BAJA EN CARBONO.**

Hay sectores de opinión que niegan que el cambio climático provenga de la mano del hombre, pero los principales científicos no lo cuestionan y los efectos del cambio son innegables. El incremento de dos grados centígrados por encima de la era preindustrial puede ser catastrófico y pone de manifiesto la necesidad urgente de adoptar medidas [2].

Actualmente el problema del cambio climático ocupa una posición destacada en la agenda internacional porque constituye uno de los peligros más importantes que se están considerando en las matrices de riesgos globales que se elaboran en todos los foros y organismos internacionales (foro de DAVOS, G-20, Unión Europea...). Se trata de un riesgo sistémico de primera magnitud que afecta a la actividad productiva mundial y a las economías de todos los países. De ahí que tanto los sectores públicos (organismos internacionales, reguladores, estados, administraciones públicas) como los privados (sectores industrial, agrícola, energético e incluso financiero) orienten la actividad productiva y económica hacia una economía baja en carbono, porque asistimos a una transición del patrón energético mundial.

Se estima que si las emisiones de GEI crecen al ritmo actual, las temperaturas atmosféricas continuarán subiendo y pueden incluso superar los dos grados Celsius respecto a la temperatura preindustrial. Estas circunstancias conllevarían un calentamiento del mundo, el deshielo de la Antártida y Groenlandia, subidas del nivel del mar, climatología muy extrema con fuertes tormentas e inundaciones, olas de calor y grandes sequías [13].

El Acuerdo de París estableció la necesidad de atender el incremento de la demanda de energía eléctrica mediante fuentes renovables. La Agencia Internacional de las Energías Renovables (Irena), en el año 2015, estimaba que para cumplir el Acuerdo de París habría que duplicar en 15 años la producción de energía procedente de fuentes renovables y para ello invertir 900.000 millones de dólares. Esta Agencia ha publicado que en el año 2017 la producción eléctrica procedente de energías renovables ha tenido un ascenso de 8,3%,



especialmente la solar fotovoltaica y la eólica. El primer objetivo que hay que conseguir es abandonar los combustibles fósiles [8].

En el marco del Acuerdo de París también se ha adquirido el compromiso de que países, administraciones y empresas consigan que el 20% de sus flotas de automóviles sean eléctricas.

En España hay estudios que revelan que el transporte consume aproximadamente el 67% de la energía con origen en combustibles fósiles y los vehículos de combustión interna de gasolina y diesel son los emisores del 25% de las emisiones de GEI

El Massachusetts Institute of Technology ha publicado un estudio que revela que en EEUU si se generalizase la movilidad eléctrica se reduciría el 60% el consumo de gasolina y el 30% de las emisiones de GEI que emite el sector del transporte; la reducción sería mayor en la medida que la electricidad procediera de fuentes renovables [2].

En este contexto el coche eléctrico es un elemento fundamental en la lucha contra el cambio climático por distintos motivos:

- Es mucho más eficiente que el coche de combustión y su consumo energético es notablemente inferior.
- No emite directamente gases de efecto invernadero al funcionar.
- La electrificación del parque automovilístico permitiría potenciar las energías renovables como fuente de generación eléctrica.
- Su recarga inteligente en horas valle produciría el aplanamiento de la curva de la demanda eléctrica y el sistema eléctrico será más eficiente.
- Podría convertirse en almacén de energía eléctrica y devolver electricidad a la red si se precisa.
- Reduciría la contaminación acústica.

A continuación, se analizan varios acuerdos internacionales sobre cambio climático y las medidas que adoptan:

#### **4.1.-LA CONVENCION MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO**



Esta Convención está compuesta por 195 países y se firmó en el año 1992; su máximo órgano es la Conferencia de las Partes. Elabora propuestas y decisiones que han de ser aprobadas por los países y tiene fundamentalmente un carácter intencional y no vinculante. Reconoce que se está produciendo un cambio climático que acarrea consecuencias negativas en el planeta y como último objetivo busca reducir las emisiones de GEI a la atmósfera, procurando el desarrollo económico sostenible y producción de alimentos.

#### **4.2.-PROTOCOLO DE KYOTO**

Tras la CMNUCC continuaron las negociaciones internacionales y en el año 1997 se adoptó el Protocolo de Kyoto (PK) en el marco de la CMNUCC, que entró en vigor en 2004. Este acuerdo internacional tiene carácter vinculante y obliga a los países que son parte a cumplir objetivos de reducción de emisiones. Se estructuraron dos períodos de cumplimiento de objetivos, el primero de 2008 a 2012 y el segundo de 2013 a 2020 [10].

El PK concreta objetivos y metas a los gobiernos de los países partícipes, que a su vez deben instrumentalizar políticas y aprobar leyes en aras de su consecución [10].

Este contexto de conciencia por la preservación del medioambiente está determinando que el sector privado empresarial e incluso el financiero adopten sus decisiones productivas y económicas teniendo en cuenta esta nueva realidad y los compromisos que existen para descarbonizar el planeta, reducir emisiones de GEI, avanzar hacia la electrificación e incrementar el uso de fuentes de energía renovables.

#### **4.3.-ACUERDO DE PARÍS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO.**

Se construye a partir de los trabajos desarrollados en la CMNUCC y fue adoptado el 12 de diciembre de 2015 en el marco de las Naciones Unidas; implica un gran avance en la acción contra el cambio climático a nivel mundial [13].

El Acuerdo de París busca acelerar e intensificar las acciones y las inversiones necesarias para alcanzar un futuro sostenible con bajas emisiones de carbono y combatir el cambio climático. Podríamos centrar sus objetivos de forma directa en:

- Conseguir que la temperatura del planeta esté por debajo de 2º C en relación a los niveles que existían antes de la industrialización.
- Reducir esta temperatura al máximo de 1,5ºC con respecto a los citados niveles.
- Adopción de medidas para que los países puedan afrontar los efectos del cambio climático que sean insoslayables.

Para alcanzar estos objetivos debe disponerse de:

- Recursos financieros para lo que se precisa crear un fondo antes de 2025.
- Especial atención en ayudas a los países más vulnerables, especialmente a aquellos que están en vías de desarrollo.
- Un compromiso de transparencia para conocer la información real en cuanto a situación, acciones y logros.

En la Conferencia de Marrakech celebrada en noviembre de 2016 se hizo balance de los objetivos del Acuerdo de París logrados a esa fecha y se fijaron nuevos plazos para otras actuaciones. Cada país tiene que disponer de un plan individual de medidas y metas para la reducción de emisiones.

El Acuerdo de París no es vinculante y los países planifican sus acciones y pueden modificarlas en función de su situación; no cabe hablar de incumplimientos ni de imposición de sanciones, de ahí que lo principal es el esfuerzo diplomático para mantener los compromisos [13].

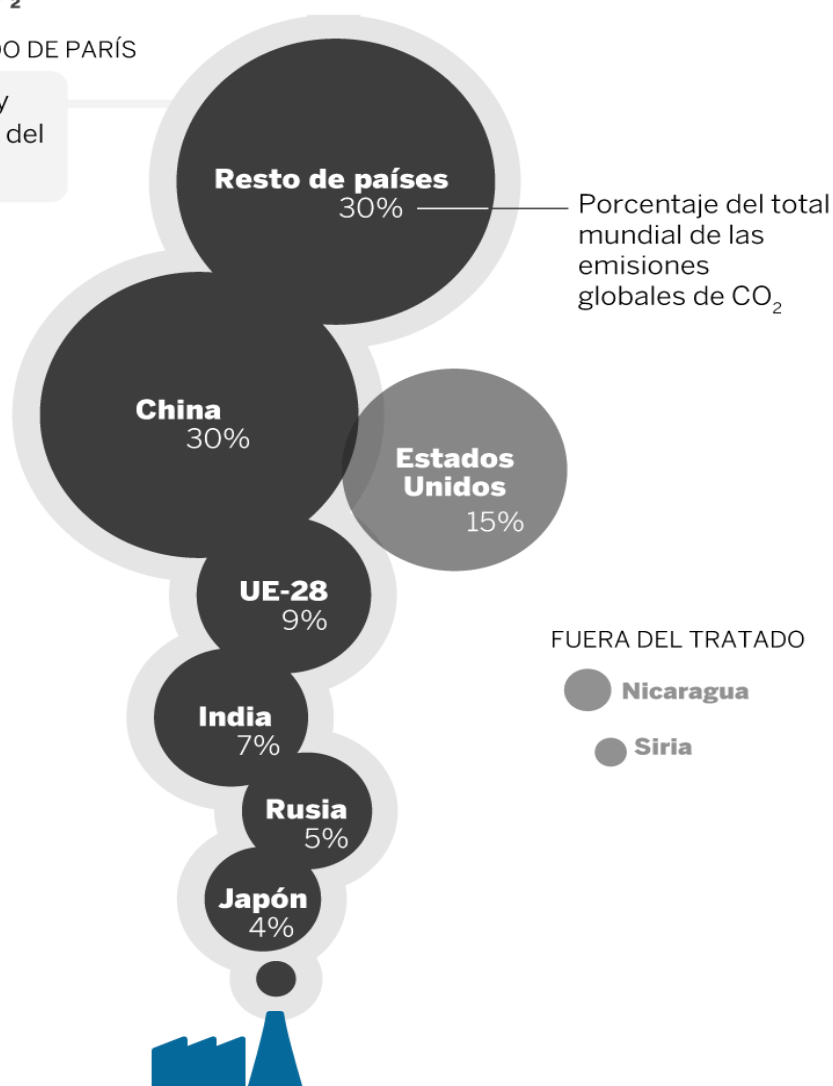
A diciembre de 2015 formaban parte del Acuerdo un total de 195 países, todos menos Siria y Nicaragua. Actualmente estos dos países se han adherido pero en el año 2017 ha causado baja EE.UU, el segundo país más contaminante del planeta. Esta resolución perjudica el Acuerdo de París pese a que algunos de sus estados (California, Nueva York) mantengan su políticas medioambientales y fomenten el VE, así como a que amplios sectores industriales norteamericanos mantengan su apoyo, porque son conscientes de que no pueden desvincularse del resto del mundo [11].

Los actuales líderes del Acuerdo de París son Europa, China e India. China continúa muy interesada porque tiene un severo problema de contaminación y además ha efectuado fuertes inversiones en energías renovables y en la industria vehículos eléctricos e híbridos para liderar este mercado del automóvil [11].

## EMISIONES DE CO<sub>2</sub>

DENTRO DEL TRATADO DE PARÍS

193 Estados, la UE y Palestina son parte del Tratado de París



EL PAÍS / Fuente: United States Environmental Protection Agency

Datos de emisiones actualizados a 2014.

Fig.35 Los principales emisores de CO<sub>2</sub> del Acuerdo de París, año 2014. Actualmente, Nicaragua y Siria se han también adherido y EE.UU ha quedado fuera del Tratado [24]

### 4.4.-PACTO DE LOS ALCALDES PARA EL CLIMA Y LA ENERGÍA

La Comisión Europea y la Oficina del Pacto de los Alcaldes efectuaron un proceso de consultas en el año 2015 para conocer si existía la sensibilidad y el compromiso suficiente para firmar un

Pacto. Se concluyó que sí había voluntad de asumir como objetivo para el año 2030 la reducción del 40% de emisiones de CO2 y otros gases, así como de adoptar medidas para atenuar el cambio climático.

Se comprometieron a elaborar en dos años un “Plan de Acción para la energía Sostenible y el Clima”; en el mismo se enmarcarían las principales actuaciones frente al cambio climático. También se decidió elaborar un “Inventario de Emisiones de Referencia y una Evaluación de Riesgos y Vulnerabilidades derivados del Cambio Climático” [12].

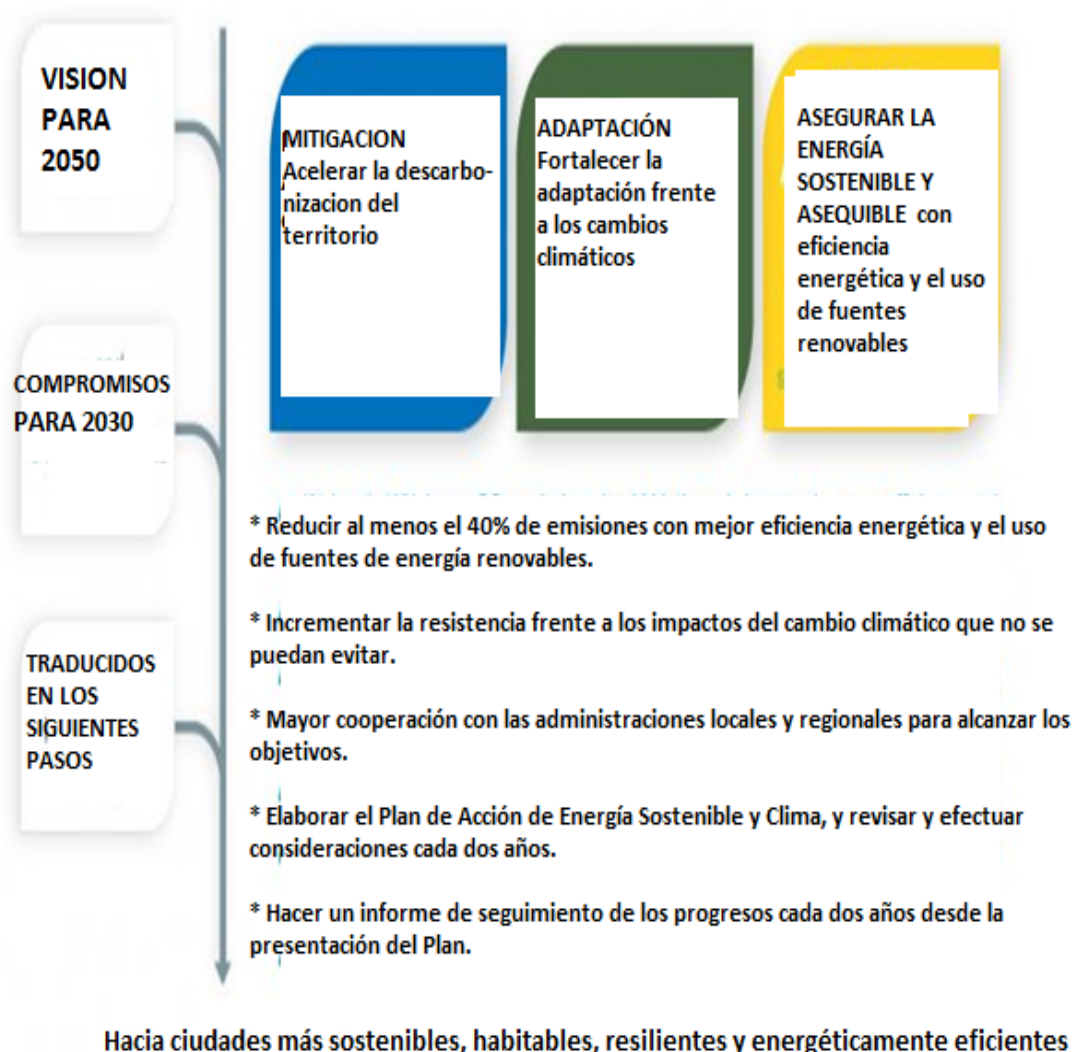


Fig. 36 Objetivos del pacto de los alcaldes. Fuente: [http://www.pactodelosalcaldes.eu/index\\_es.html](http://www.pactodelosalcaldes.eu/index_es.html). Noviembre 2017 [12]

#### 4.5.-PROPUESTAS NORMATIVAS DE DIVERSOS PAISES

La Comisión Europea va a imponer gradualmente medidas más estrictas frente a la contaminación y los límites de emisiones de CO<sub>2</sub> del automóvil se reducirán para el año 2021 a 95 gramos/km, frente a los 130 gramos que se admiten actualmente. Las mayores restricciones se esperan para el año 2030. Simultáneamente la Comisión establece incentivos para que el sector del automóvil se decante por el vehículo eléctrico [11].

Las medidas se dirigen a alcanzar los objetivos marcados en el Acuerdo de París, consiguiendo reducir para el año 2030 las emisiones en un 40% respecto al año 1990, pero también se busca no quedar tecnológicamente rezagados en materia de electromovilidad, especialmente frente a la industria China [11].

Estas medidas entrarán en vigor una vez sean aprobadas por el Parlamento Europeo y los gobiernos y tendrán que acompañarse de dotación económica; parte de la dotación se dedicará a apoyar la construcción de redes de recarga del VE en Europa [11].

China prevé prohibir la venta de vehículos de gasolina y gasoil a partir de 2025, esta decisión implicaría la implantación definitiva de la electromovilidad. Este país quiere encabezar el sector tecnológico del VE y su fabricante BYD ha hecho fuertes inversiones.

Noruega quiere prohibir los vehículos que utilizan combustibles fósiles para 2025; en paralelo facilita ayudas para la compra de vehículos eléctricos e híbridos y ha adoptado otras medidas para favorecerlos tales como exenciones fiscales, gratuidad de peajes, acceso a carril bus y aparcamiento gratuito. También está realizando inversiones en infraestructuras de recarga.

Francia planea permitir la venta de vehículos de gasolina y gasoil hasta 2040 y fomentar paulatinamente el incremento del parque eléctrico. La ciudad de París quiere prohibir la circulación de vehículos diesel para 2024 y de gasolina para 2030.

Los Países Bajos también tramitan una ley que prohíba a partir de 2025 la venta de vehículos de gasolina, diesel e híbridos; sólo admitiría la circulación de los que existan en el parque a esa fecha.

Alemania estudia implementar esta prohibición para 2030 pero esto puede conllevar una pérdida de empleo e industrias elevada por lo que el sector del automóvil alemán está presionando para que se permita circular a vehículos diesel limitando más sus emisiones.

España ha aprobado el denominado Plan VEA 2014-2020 “Estrategia de Impulso del Vehículo con Energías Alternativas”. En este marco prevé una red de recarga para los nuevos combustibles y ha aprobado varios planes de ayuda para la adquisición de vehículos de cero o bajas emisiones si bien con dotaciones pequeñas de fondos (el Plan Movea contaba con 14,6 millones de euros frente a los 1000 millones del plan alemán) que rápidamente se agotan. Estas ayudas se aplicaban a vehículos que utilizan gas licuado, gas natural, electricidad y pila combustible de hidrógeno; también promovía la instalación de puntos de recarga del VE [11].

Europa Press dio a conocer el 4 de octubre de 2017 las declaraciones del Ministro de Energía, Turismo y Agenda Digital español defendía el futuro del VE, pero considerando que la tecnología aún no está suficientemente desarrollada. Estas manifestaciones fueron objeto de críticas y se ha querido ver en ellas intereses económicos por los ingresos que se recaudan de los combustibles fósiles [11].

En el mes de noviembre de 2017 entró en vigor el Plan Movalt que contaba con 35 millones ampliables a 50 millones para ayudas a la adquisición de vehículos impulsados por energías alternativas; también disponía de 15 millones para favorecer la instalación de puntos de recarga del VE, de los que podían beneficiarse las administraciones, empresas públicas y privadas [11].

El Gobierno español tiene pendiente modificar “el Real Decreto 647/2011 de 9 de mayo, que regula la actividad del gestor de cargas del sistema para realizar servicios de recarga energética” [44], se hace necesario simplificar la normativa para impulsar esta figura.

## **4.6 SOSTENIBILIDAD EN LAS GRANDES CIUDADES. PLAN A DE MADRID Y COCHE COMPARTIDO ELÉCTRICO**

### **4.6.1.- Problemas medioambientales de la ciudad de Madrid y el transporte**

Madrid y Barcelona son firmantes del Pacto de los Alcaldes porque son grandes ciudades con problemas de contaminación del aire que, obligan especialmente en Madrid a restringir la circulación y a establecer límites de velocidad (por ejemplo, el 11 de octubre de 2017 fue activado el escenario I del Protocolo de Contaminación, por lo que se redujo a 70 Km/h la velocidad por la M-30 y los accesos de entrada y salida de la M-40. El día siguiente, 12 de

octubre, es activado el protocolo nivel 2 que suma a las restricciones el aparcamiento en zonas de estacionamiento regulado salvo a residentes, etc.). Estas restricciones son continuas incluso en épocas en las que aún no se ha encendido la calefacción, que agrava aún más el problema.

Un estudio del año 2014 promovido por el Ayuntamiento de Madrid sobre la evolución de emisiones de GEI estimaba que “el transporte rodado era responsable del 51,4% de emisiones NOx, del 54,6% de emisiones de CO, del 55,1% de emisiones PM 2,5 y del 31,5 de emisiones directas de CO2” [14].

#### **4.6.2.- PLAN A de Madrid**

El Ayuntamiento de Madrid aprobó el 21 de septiembre de 2017 el “Plan Calidad del Aire de la Ciudad de Madrid – PLAN A-”, que fue publicado en el BOAM de 26 de septiembre de 2017 [14].

Este plan persigue “reducir la contaminación atmosférica para garantizar la calidad del aire que se respira en Madrid, contribuir a la prevención del cambio climático y definir estrategias de adaptación a los cambios en el clima que son irreversibles” [14]. Para ello dispone 30 medidas básicas, muchas de ellas referidas al VE y a promover las energías alternativas; a continuación citaremos las más las más significativas:

- Crear una “red de recarga para vehículos eléctricos y suministro de combustibles alternativos” [17].
- Regulación del aparcamiento atendiendo a qué vehículos son menos contaminantes [17], estableciendo bonificaciones y penalizaciones para aparcar en la zona SER en función de las emisiones del vehículo. A partir de 2020 se prohíbe el aparcamiento en esta zona a los vehículos que no estén en posesión del distintivo ambiental de la DGT [17].
- Renovar el parque móvil, para lo que se adoptarán progresivamente medidas de sustitución de los vehículos más contaminantes [17].

- Renovar los autobuses de la Empresa Municipal de Transporte por autobuses de bajas emisiones [17].
- Crear a partir de junio de 2018 un área en el centro de Madrid de Cero Emisiones [17].
- Impulsar con incentivos que los vehículos destinados al taxi sean de bajas emisiones [17].
- Exigir vehículos de bajas emisiones para el reparto de las mercancías en la ciudad [17].
- Tanto la flota de servicios municipales como la de las empresas contratistas tendrán que estar constituidas por vehículos de bajas emisiones [17].
- Fomentar las energías renovables [17].

#### **4.6.3.- Impulso a las iniciativas de movilidad compartida con vehículos eléctricos**

El Ayuntamiento de Madrid promueve el vehículo compartido y favorece los vehículos de cero o bajas emisiones que lleven distintivos de la DGT, permitiéndolos el aparcamiento gratuito y el acceso a la zona restringida; también establece incentivos fiscales.

Se fomenta el uso del “*casharing*” porque se estima que un solo vehículo puede sustituir a ocho coches privados. Además las empresas dedicadas a esta actividad utilizan vehículos eléctricos.

El coche compartido ofrece a los ciudadanos una flota de vehículos para su uso hasta en un día completo, aunque es habitual que sea por pocos minutos y desplazamientos cortos. Para alquilar el vehículo se puede realizar la gestión por internet, app móvil o por teléfono. El servicio se factura mensualmente por el tiempo de uso o los kilómetros recorridos, según empresas [1].

Es una opción más de movilidad que se añade a las ya existentes (taxi, alquiler de coche, vehículo privado y transporte público); favorece la decisión de no adquirir vehículo propio, porque la compra conlleva más costes fijos asociados (impuestos, seguros, aparcamiento, mantenimiento, limpieza, combustible, etc.) [1].



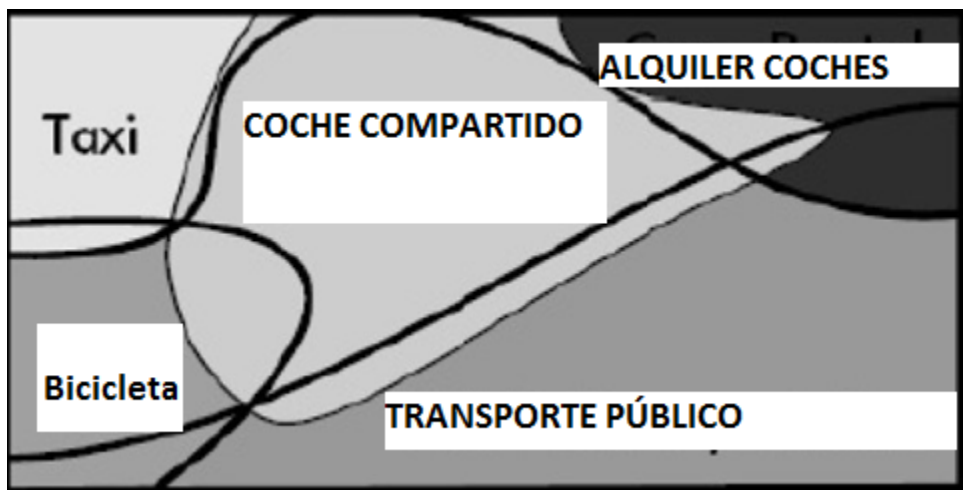


Fig. 37 El coche compartido completa la oferta de transporte promoviendo la intermodalidad. Fuente: [electromovilidad.com](http://electromovilidad.com). Octubre 2017 [1]

El cliente tiene que solicitar el alta en la empresa de *carsharing*, aportar la documentación que le requieren y aceptar su normativa. Una vez de alta ya puede hacer la reserva de un vehículo, que se activa cuando el lector lee la tarjeta electrónica o mediante app móvil [1].

Hay empresas que disponen de vehículos repartidos en lugares estratégicos de la ciudad, mientras que otras los sitúan en zonas de aparcamiento concreto (estaciones base) [1].



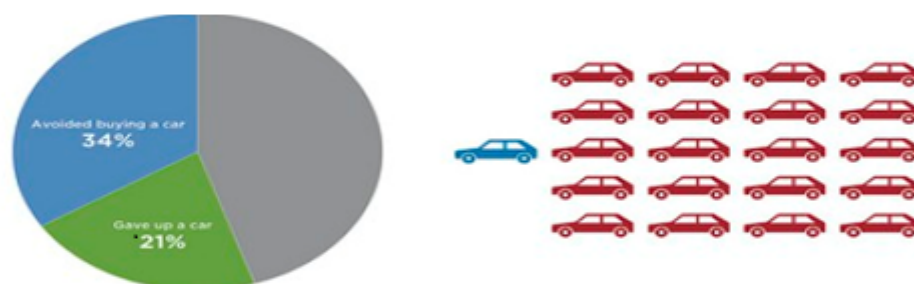
Fig. 38 Mediante el lector de proximidad RFID abrimos el coche con una tarjeta. Fuente: [electromovilidad.net](http://electromovilidad.net). Octubre 2017 [1]

Según la información facilitada por las empresas de carsharing, el cliente habitualmente utiliza esta modalidad 2 o 3 veces por semana, con un uso inferior a la hora y recorren entre 20-40 Km. Se estima que el coste del Km de un coche en propiedad es de 0,60 euros, frente a los 0,40 euros del coche compartido y 0,86 euros del coche en alquiler [1].

Actualmente en Madrid son empresas que ofrecen este servicio Car2Go, Emov y a partir de noviembre de 2017 se incorporó Zity, propiedad de Ferrovial y Renault. Las tres tienen sus vehículos dentro del cinturón de la M30 y son modelos eléctricos puros.

## BENEFICIOS DE COMPARTIR COCHE

**1 vehículo compartido reemplaza hasta 20 vehículos propiedad particular**



**1 de cada 5 personas que se unen al coche compartido renuncian al automóvil y 3 de cada 5 evitan tener auto en propiedad**

Fig. 39 Ventajas que del coche compartido Fuente: electromovilidad.net. Octubre 2017 [1]

El “*carsharing*” es distinto que el “*carpooling*”, éste consiste en que un particular ofrece compartir su coche con otras personas y reparte con ellas los gastos del viaje. Este fenómeno está extendiéndose; por ejemplo, la empresa Blablacar se dedica a él [1].

También hay que diferenciar el coche compartido del alquiler convencional de vehículos; en ambos se alquila un vehículo pero en el segundo caso suele ser por días y en desplazamientos fuera de la ciudad, las tarifas son más elevadas y no se incluye en ellas el consumo energético [1].

## CAPÍTULO 5.- NECESIDAD DE PLANIFICACIÓN Y AVANCES EN I+D+ i EN LA INFRAESTRUCTURA DE RECARGA.

España actualmente no tiene redes de recarga para el VE, ni siquiera en las grandes ciudades hay infraestructuras de recarga públicas. Esta situación frena en gran medida la posibilidad de implantación del coche eléctrico porque los potenciales compradores son conscientes del problema.

Los gestores de carga están comenzando a facilitar el servicio de instalación de un punto de recarga en la calle a un cliente que lo solicite, supeditado a que técnicamente sea posible, el Ayuntamiento lo permita y que el cliente contrate el servicio de recarga con ese gestor.

El país europeo más avanzado en estas soluciones es Noruega, donde hay muchos puntos de recarga públicos incluso en la calle.



Fig. 40 Plaza con punto de recarga. Fuente: [xataka.com](http://xataka.com). Noviembre 2017 [3]

Actualmente quien adquiere un coche eléctrico necesariamente ha de disponer de una plaza de garaje con un punto de recarga y aún así se encontrará con la dificultad de recargar durante los desplazamientos en viajes largos.

La instalación en el garaje puede ser muy simple utilizando el enchufe convencional y un conector Shuko de 16 A, debiéndose asegurarse la instalación de la toma de tierra [3].

Es más idóneo disponer de una base mural de recarga, la denominada “*wallbox*”, con un conector específico para una recarga más rápida. Este sistema posibilita la comunicación inteligente con la red eléctrica (“*smartgrids*”). La instalación puede tener un coste no inferior a 750 euros [3].

La Ley 19/2009 de medidas de fomento y agilización de la eficiencia energética de los edificios permite que el propietario que quiera instalar un punto de recarga en un garaje comunitario pueda hacerlo exclusivamente poniéndolo en comunicación del presidente de la comunidad. Para garantizar la seguridad de la instalación debe ser efectuada por un electricista autorizado conforme las previsiones del Reglamento Electrotécnico de Baja tensión [3]

Cuando el garaje comunitario está en el edificio de la vivienda se puede derivar desde la instalación eléctrica propia hasta el punto de recarga; si se hace desde el contador del suministro la instalación es más sencilla porque normalmente estará más cerca; si se hace desde el cuadro general de mando de la vivienda se dispone de la ventaja de controlar desde la misma el punto de recarga, pero habitualmente la instalación costará más porque la distancia entre ambos será mayor [3].



Fig. 41 Base mural, con una toma schuko (izquierda) y una toma mennekes (derecha). Fuente: xataca.com. Noviembre 2017 [3]

Si el punto de recarga es normal generalmente no se precisa contratar más potencia y el coste de la instalación es entorno a 1.300 euros [3].

Si la vivienda y la plaza de garaje están en distinto edificio no puede hacerse la instalación si no lo autoriza la comunidad de propietarios y se precisa un contador que permita facturar la electricidad consumida, o bien disponer de un contador específico [3].

Existe la posibilidad de contratar conjuntamente la instalación, el contador y el suministro a las empresas denominadas “gestor de carga” que facturan los servicios con “tarifa plana” o “bonos mensuales” [3].

En garajes grandes puede ser una solución interesante la denominada “instalación troncal” con un contador principal del que se deriven tantos secundarios como puntos de recarga se instalen [3].

La instalación consiste en hacer llegar una conexión monofásica de tres cables (fase, neutro y toma de tierra) desde el contador hasta el punto de recarga, lo que dependerá de la distancia y las conducciones para pasar los cables; la obra que se requiera para ello determinará el costo de la instalación [3].



Fig. 42 Base mural y cuadro de mando en una columna de un garaje comunitario. Fuente: [xataca.com](http://xataca.com). Noviembre 2017 [3]

El contador se conecta con la plaza de garaje mediante una instalación con cable de fase, neutro y toma de tierra. En el punto de recarga se instala el cuadro de mando y protección, interruptores diferencial y magneto-térmico y la *wallbox* que será adecuada al vehículo [3].

Estas instalaciones pueden estar a la intemperie y prácticamente no presentan riesgo de incendio.



Fig. 43 Cable y enchufe conectado a la base mural. Fuente: xataka.com. Noviembre 2017 [3]

En garajes comunitarios los puntos de recarga tienen algún método de bloqueo (llave, tarjeta RFID) para que sólo su propietario pueda utilizarlo.

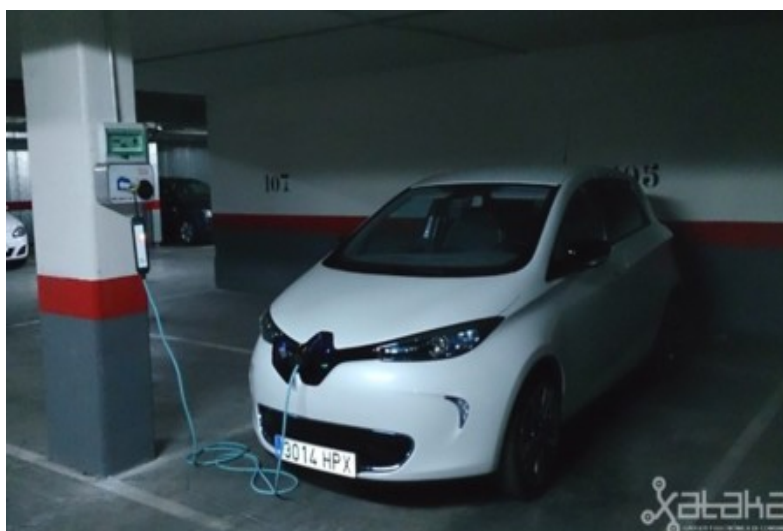


Fig. 44 Coche eléctrico efectuando la recarga en garaje comunitario. Fuente: xataka.com. Noviembre 2017 [3]

Tesla además de poner atención en la tecnología del VE, está instalando infraestructuras de recarga rápida y estaciones superchargers de recarga muy rápida en lugares estratégicos para efectuar largos desplazamientos, con recarga gratuita para sus clientes. El tiempo de recarga es de unos 45 minutos y se habla de que en un futuro podría ser de diez minutos; también se pretende que la energía proceda del sol [6].



Esta marca ha ampliado su estrategia en materia de puntos de recarga a las ciudades (supermercados, centros comerciales, etc.) [6].



Fig. 45 Estación de “superchargers” de Tesla en Noruega. Fuente: xataca.com. Noviembre 2017 [3]

En Europa existen proyectos de redes de recarga para el VE, entre ellos pueden citarse el Proyecto Ultra E del que son partícipes varias empresas automovilísticas europeas. E.ON anunció en 2017 su intención de instalar 10.000 puntos de recarga ultrarrápida en Europa y Nissan también tiene su programación así como empresas eléctricas (Iberdrola) [6].

## 5.1.- TIPOS DE RECARGA

El VE recarga sus baterías enchufándose a la red eléctrica en punto de recarga público o privado. Dependiendo del tipo de recarga el tiempo que se invierte es muy variable.

El VE es un coche “conectado” por lo que es muy importante poder programar la recarga para las horas en las que la electricidad es más barata y gestionarla en la distancia.

En función del tiempo se pueden considerar varios tipos de recarga:

### 5.1.1.- Recarga convencional, lenta o vinculada

Esta modalidad es la más interesante para recargar el VE durante la noche en el garaje aprovechando la tarifa eléctrica súper valle del coche eléctrico; es la más eficiente para el sistema eléctrico.

Sus características principales son [1]:

- Carga con corriente alterna monofásica de 230 V (es posible con corriente alterna trifásica a 400 V, con un inferior tiempo de recarga). Intensidad de 16 A y potencia máxima de 3,6 KW.
- Tiempo de recarga oscila de 5-10 horas según las características de la batería.

### **5.1.2.- Recarga semi-rápida o de oportunidad**

Está orientada a una recarga ocasional que se precisa en un momento dado en sitios públicos (centros comerciales, aparcamientos, etc.), perjudica más a la eficiencia del sistema eléctrico porque no se realiza en horas valle de demanda eléctrica. Puede hacerse con [1]:

- CORRIENTE MONOFÁSICA con las siguientes características: 230 V, 32 A, 8-14 KW; la recarga es en dos o tres horas.
- CORRIENTE ALTERNA TRIFÁSICA con las características de 400 V, 63 A máximo, 22-43 KW.

### **5.1.3.- Recarga rápida**

Se efectúa en las “electrolineras”, que son instalaciones de recarga especiales y caras, perjudica al sistema eléctrico porque produce picos de demanda. La corriente eléctrica puede ser de distintas características [1]:

- CORRIENTE CONTINUA de hasta 600 V, 400 A y 240KW; la recarga del 80% de la batería oscila entre cinco y treinta minutos.
- CORRIENTE ALTERNA de 500 V, 250 A y 220 KW; la recarga del 80% de la batería tarda diez minutos.

### **5.1.4.- Recarga súper rápida y ultra rápida**

Este tipo exige una corriente de gran potencia, se utiliza muy poco, aunque TESLA la está implementando en el Model S y tarda en efectuarse veinte minutos.

La ultra rápida está en fase experimental y permitiría recargar en cinco minutos con unas potencias eléctricas de 150 KW, pero las baterías actuales sufren mucho deterioro con ella [4].



En la siguiente tabla pueden verse las características principales de los tipos de recarga que se han descrito:

	Carga lenta/doméstica	Carga semi-rápida/de oportunidad	Carga rápida
<b>Potencia e intensidad eléctrica</b>	<p>Corriente monofásica de 230 V e intensidad de 16 A Potencia hasta 3,7 KW</p> <p>Corriente trifásica de 400V Intensidad de 16 A. Potencia hasta 11 KW</p>	<p>Corriente monofásica de 230 V e intensidad entre 32-63 A. Potencia entre 7,4 -14,5 KW</p> <p>Corriente trifásica de 400 V Intensidad entre 32-63 A Potencia entre 22-43,5 KW</p>	<p>Corriente continua de 600 V e intensidad hasta 400 A Potencia de 240 KW</p> <p>Corriente alterna de 500 V Intensidad hasta 250 A Potencia hasta 220 KW</p>
<b>Tiempo estimado de recarga</b>	<p>5,5 horas para una recarga completa con corriente monofásica</p> <p>2 h con corriente trifásica</p>	<p>Entre 3 h (32 A) y 1,5 h (63 A) con corriente monofásica.</p> <p>Entre 1 h (32 A) y 0,5 h (63 A) con corriente trifásica</p>	<p>Entre 5-8 minutos</p>
<b>Localización óptima</b>	<p>En viviendas, lugares de trabajo, estaciones de ferrocarril o aeropuertos</p>	<p>En centros urbanos, supermercados, centros comerciales, de ocio</p>	<p>Estaciones de servicio (electrolineras)</p>
<b>¿Cuándo se utiliza?</b>	<p>El VE se deja cargando y se regresa después de varias horas (toda la noche, etc.)</p>	<p>VE se deja cargando mientras se realizan compras, o algún entretenimiento</p>	<p>VE se carga sin alejarse de él, con la necesaria supervisión.</p>

Tabla 4 Comparativa técnica según el tipo de recarga. Fuente: [electromovilidad.net](http://electromovilidad.net). Noviembre 2017 [1]

## 5.2.- MODOS DE RECARGA

### 5.2.1.- MODO 1 - Recarga con corriente alterna

En este modo de recarga el VE no se comunica con la red y la recarga se efectúa de forma poco especializada mediante un conector shuko al que se enchufa el conector que disponga el vehículo.

La corriente eléctrica que se utiliza puede ser monofásica o trifásica y sus características en cuanto a voltios, potencia e intensidad son las que se han descrito en el punto 5.1.1, porque se trata de una recarga convencional lenta.

Este sistema no tiene protección y es útil para recargar vehículos eléctricos pequeños (bicicletas, motos) pero no es apropiado para coches, porque requieren muchas más horas para la recarga lo que puede ocasionar que la instalación se caliente en exceso [1].

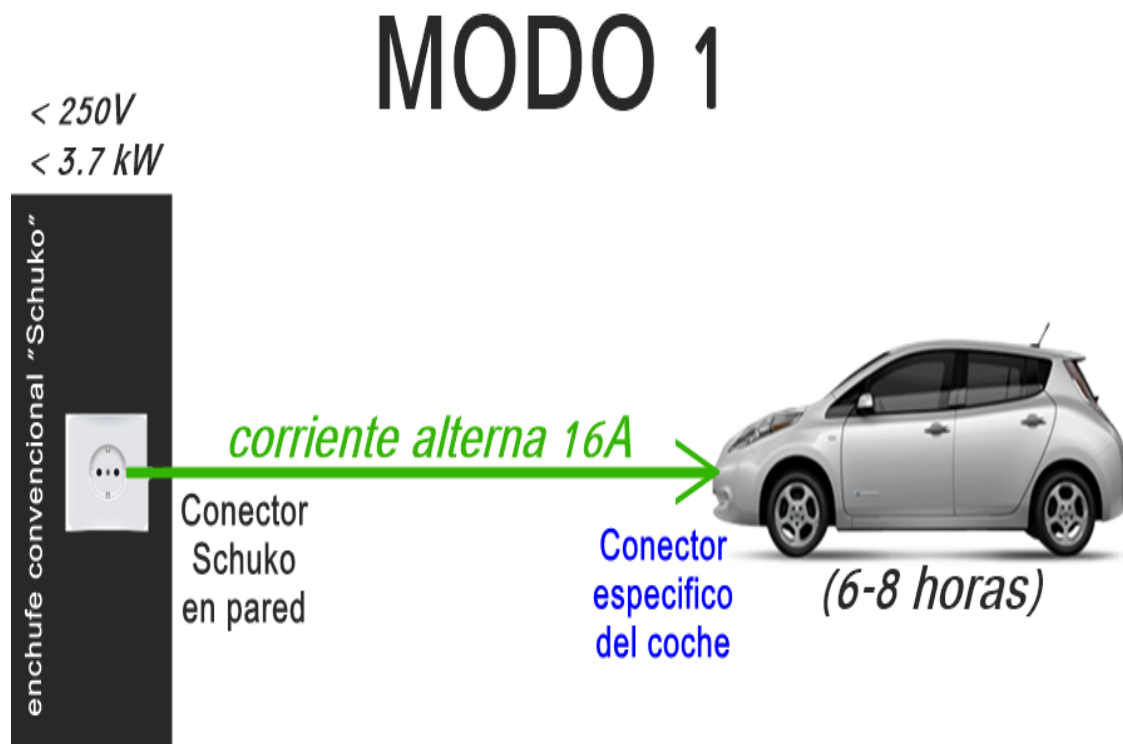


Fig. 46 Esquema de recarga en modo 1 Fuente: electromovilidad.net. Noviembre 2017 [1]

### 5.2.2.- MODO 2 - Recarga con corriente alterna

Este modo de recarga es muy similar al descrito en el apartado anterior, la corriente tiene las mismas características en cuanto a voltios y potencia; la intensidad puede variar entre 16 A y 32A. Es posible hacerla con corriente trifásica de 400 V y 22 KW de intensidad máxima.

La característica que diferencia este modo del anterior consiste en una comunicación mínima entre el coche y la red; el vínculo entre los conectores de la pared y el coche se efectúa mediante un cable que incluye un sistema de protección diferencial; el conector del coche tiene al menos un borne para la señal de comunicación [1].

La comunicación entre la red eléctrica y el vehículo permite disponer de algunas prestaciones como son la elección de la velocidad de recarga así como la posibilidad de supervisar que la conexión es adecuada [1].

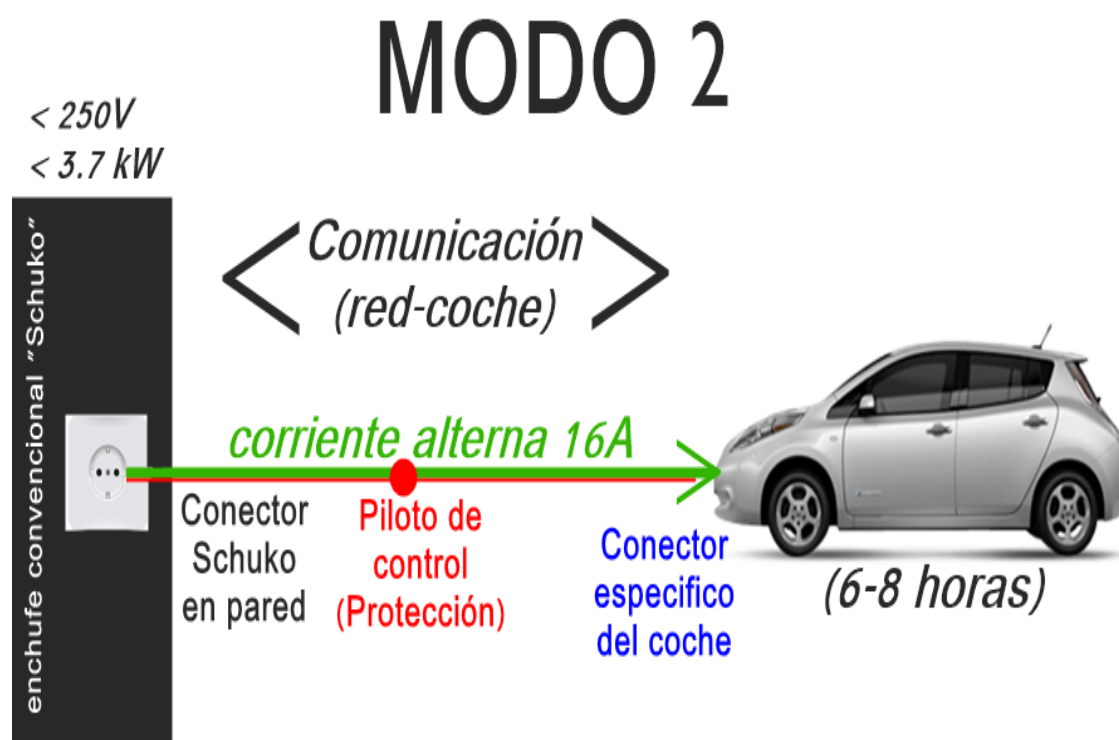


Fig. 47 Esquema de recarga en modo 2. Fuente: electromovilidad.net. Noviembre 2017 [1]

### 5.2.3.- MODO 3 - Recarga con corriente alterna

Es un modo muy recomendable porque está especialmente diseñado para el vehículo eléctrico. El coche tiene gran conexión con la red y esto posibilita una recarga inteligente durante las horas en que la electricidad es más excedentaria. Aplica al VE la tecnología “*Smart Grid*” o de red eléctrica inteligente y podría utilizarse en un futuro para la tecnología V2G si ésta se perfecciona [1].

El VE tiene su conector específico y el conector de la pared es una terminal de recarga denominada SAVE (Sistema de Alimentación del VE) o “*wallbox*”. Esta terminal incluye el sistema de protección y un sistema de control: permite verificar el estado de la carga [1].

Las características de la corriente que suministra son las siguientes: 230V, hasta 7,3KW de potencia y una intensidad que varía entre 32A y 63A, se está experimentando con intensidades mucho más elevadas y la recarga es más rápida en la medida que la intensidad se incrementa [1].

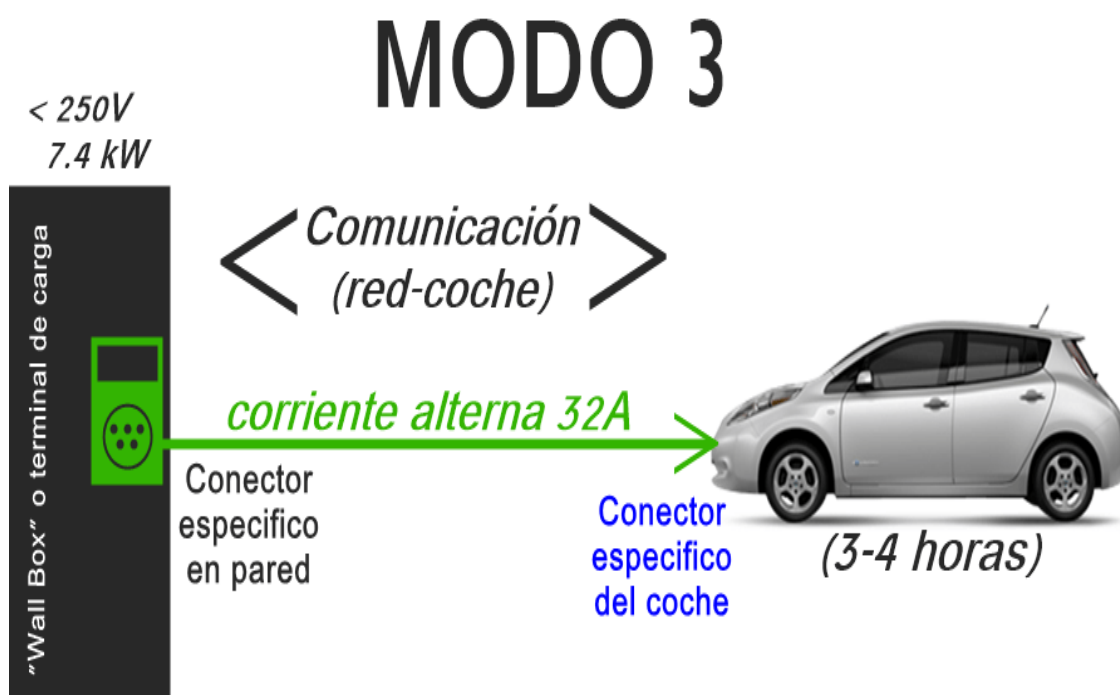


Fig. 48 Esquema de recarga en modo 3. Fuente: [electromovilidad.net](http://electromovilidad.net). Noviembre 2017 [1]

#### 5.2.4.- MODO 4 - Recarga con corriente continua

La conexión a la red se efectúa mediante una “electrolinera”, que es una estación de carga que transforma la corriente alterna en continua; en ella se encuentran los sistemas de protección y de control. También dispone del cable de recarga con conectores específicos [1].

Estas infraestructuras son complejas y de precio muy elevado a la par que voluminosas; su conexión con el vehículo es muy alta.

La corriente eléctrica habitualmente es de 400V, con una potencia que varía entre 125 KW y 240KW y una intensidad de 125 A. Es apropiada para una recarga ocasional y muy rápida, de una media hora [1].

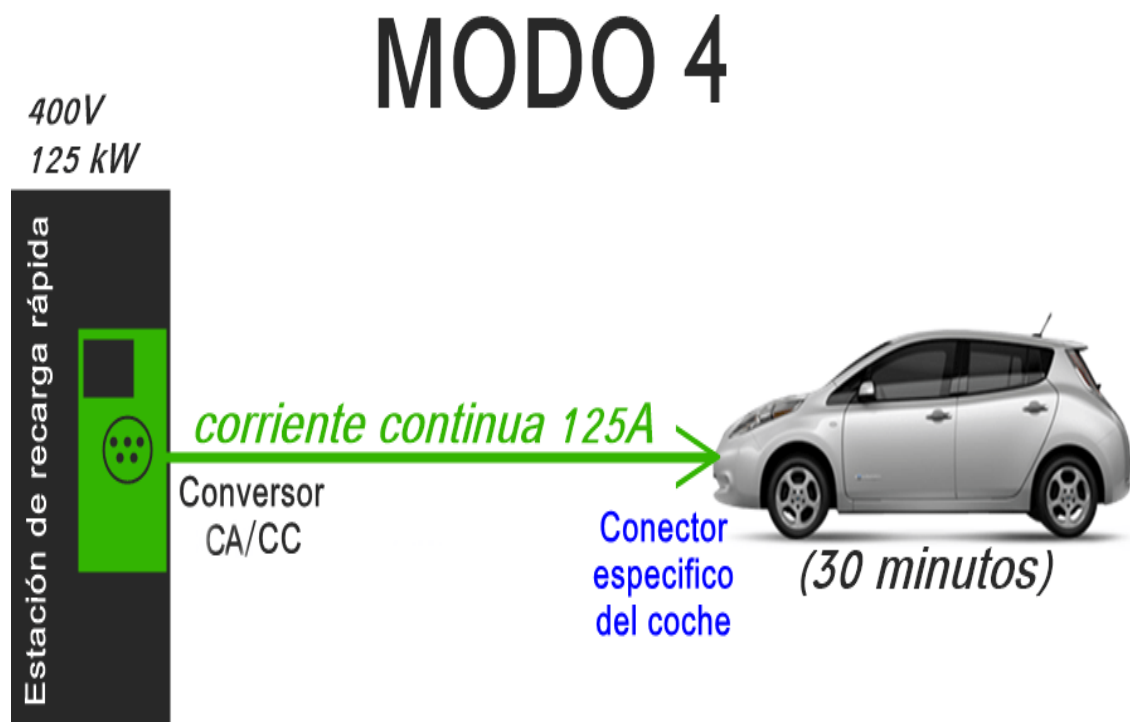


Fig. 49 Esquema de recarga en modo 4. Fuente: electromovilidad.net. Noviembre 2017 [1]

### 5.3.-TIPOS DE CONECTORES

La existencia en el mercado de un número elevado de conectores para el VE constituye otro motivo de incertidumbre para el potencial cliente.

Muchas marcas de vehículos tienen desarrollados sus conectores específicos (por ejemplo, Tesla) y hay varias asociaciones que están intentando desarrollar conectores estándar pero para sus ámbitos territoriales respectivos; así los fabricantes japoneses estudian diseñar un modelo, en EEUU la SAE (Society of Automotive Engineers) desarrolla otro. En Europa varias compañías promueven una red de recarga en el continente que tendría un conector específico, la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) estudia una normalización de conectores. Se evidencia una falta de uniformidad que perjudica al cliente [4].



Fig. 50 Conectores más usados: 1 – CHAdeMO, 2 – SAE J1772, 3 – SCAME, 4 – CCS Combo, 5 – Fuente: [electromovilidad.net](http://electromovilidad.net). Noviembre 2017 [1]

Los principales conectores que podemos encontrarnos son:

■ CONECTOR CHAdeMO (“carga para moverse”)

Fue diseñado por varias compañías de automóviles japonesas y es el más usado en ese país. Es muy adecuado para el modo de recarga rápida dado que puede proporcionar una corriente continua de elevada potencia (62,5 KW) y una intensidad de 110A que va reduciéndose a medida que la batería se va recargando. Es compatible con la tecnología V2G [4].

Los vehículos de Tesla pueden utilizarlo porque esta marca ha diseñado un adaptador para él.



Fig. 51 CONECTOR CHAdeMO. Fuente: xataka.com. Noviembre 2017 [3]

■ CCS (“Combined Charging System” o combo)

Es el conector que está previsto se instale en la red de recarga europea que promueven algunas compañías automovilísticas. Suele denominarse “combo” porque combina la posibilidad de suministrar electricidad en corriente alterna a 43 KW y en corriente continua a 50KW [4].



Fig. 52 CONECTOR CCS. Fuente: xataka.com. Noviembre 2017 [3]

#### ■ Mennekes o de tipo 2

Fue desarrollado en Alemania y puede decirse que hasta ahora era el más habitual en Europa porque muchas marcas del continente lo incorporaban. El combo se basa en él. Se caracteriza porque tiene 7 contactos, dos para las comunicaciones con el vehículo, uno neutro, otro para tierra y tres para carga [4].

Es idóneo para recargas de corriente alterna de potencia que varía de 3,7KW a 44 KW, con cargas monofásicas de un máximo de 16A y trifásicas de hasta 63A [4].



Fig. 53 CONECTOR Mennekes o de tipo 2. Fuente: xataca.com. Noviembre 2017 [3]

#### ■ Conector Tipo 1 (SAE J1772 o Jazaky)

Se desarrolló en Japón y está muy extendido en las marcas americanas y asiáticas. Tiene los tres contactos habituales y dos para la conexión de cargador y vehículo. Está dotado de un dispositivo que asegura el nexo mientras tiene lugar la recarga. Sólo es apto para cargas monofásicas con un máximo de 32A y 7,4 KW [4].



Fig. 54 CONECTOR Tipo 1 (SAE J1772. Fuente: xataca.com. Noviembre 2017 [3]



#### ■ El Conector Schuko

No es específico para el VE, se utiliza habitualmente para electrodomésticos en las viviendas. No es apto para corrientes que superen los 16A, ni para una recarga de mucha duración porque pueden producirse sobrecalentamiento [4].



Fig. 55 CONECTOR Schuko. Fuente: xataca.com. Noviembre 2017 [3]

#### ■ El conector Scame o “EV Plug-in Alliance”

Era utilizado por algunas marcas francesas pero actualmente se está abandonando. Cuando se usa en corriente monofásica tiene cinco contactos y dispone de siete para trifásicas. Admite como máximo una intensidad de 32 A.



Fig. 56 CONECTOR SCAME. Fuente: xataca.com. Noviembre 2017 [3]

#### ■ El caso Tesla Supercharger

La marca TESLA ha desarrollado sus propios conectores y tiene un diseño específico para EE.UU que dispone de un adaptador que lo hace compatible con CHAdeMO, mientras que para Europa dispone de otro desarrollo que es muy similar al conector tipo 2 [3].

El conector de TESLA permite cargar en Superchargers y también puede hacerlo en la toma del garaje.



Fig. 57 Conector Tesla en Europa. Fuente: xataca.com. Noviembre 2017 [3]



Fig. 58 Conector Tesla en EEUU. . Fuente: xataca.com. Noviembre 2017 [3]

#### 5.4.- INTERCAMBIADORES DE BATERÍAS

El coche eléctrico precisa plataformas para cambiar sus baterías, ya cuando se produzca en ellas algún fallo o cuando se acerque el final de su vida útil. Es preciso trabajar en desarrollos que permitan el cambio de baterías lo más rápidamente posible.

Tesla ha patentado una plataforma (ascensor) y un método rápido para efectuar el cambio que se ha dado a conocer como “*Tesla battery swapping rig*” [5].

Por su parte, en China están experimentando con una carretera en la que los vehículos eléctricos se recargarían por inducción al circular sobre ella.

## CAPÍTULO 6.- GESTIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

### 6.1.- FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

El sistema eléctrico consiste básicamente en una red eléctrica conectada que va desde los productores de energía hasta los consumidores. Consta de tres elementos básicos que son las plantas generadoras, las líneas de transmisión que llevan la electricidad y las subestaciones que aumentan el voltaje para el transporte y lo reducen para su uso por el cliente final [18].

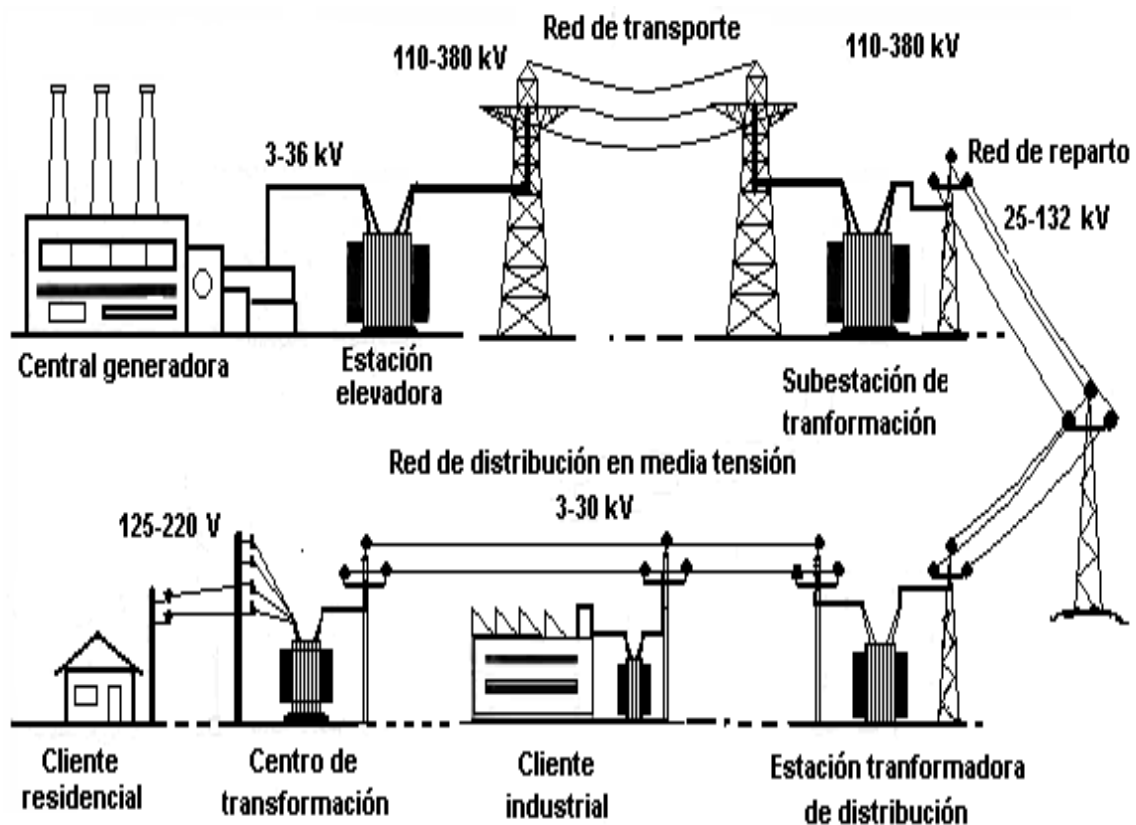


Fig. 59 Esquema del funcionamiento del sistema eléctrico. Fuente: REE. Noviembre 2017

### 6.1.1.- Generación de energía eléctrica

Las plantas generadoras habitualmente se localizan lejos de las grandes poblaciones y cuando es posible están cerca de las fuentes de energía que utilizan para producir la electricidad. Generalmente son instalaciones muy grandes con objeto de obtener economías de escala [19].

Fundamentalmente la generación de energía eléctrica puede obtenerse de dos sistemas que se analizan a continuación:

#### 6.1.1.1.- Transformación de alguna clase de energía no eléctrica (química, mecánica, térmica...) en energía eléctrica. Centrales eléctricas

En las centrales eléctricas se realizan transformaciones de energía en las que se utilizan fuentes de energía diversas con las que producir energía mecánica y a continuación obtener electricidad. Las centrales pueden ser objeto de clasificación dependiendo de la fuente de energía que usen y en primer término ésta puede ser renovable o no.

##### I. CENTRALES QUE UTILIZAN ENERGÍA RENOVABLE

##### ■ Centrales hidroeléctricas

Consiguen la energía mecánica por el salto de una corriente de agua que con su fuerza mueve las palas de una turbina hidráulica conectada a un generador [19].

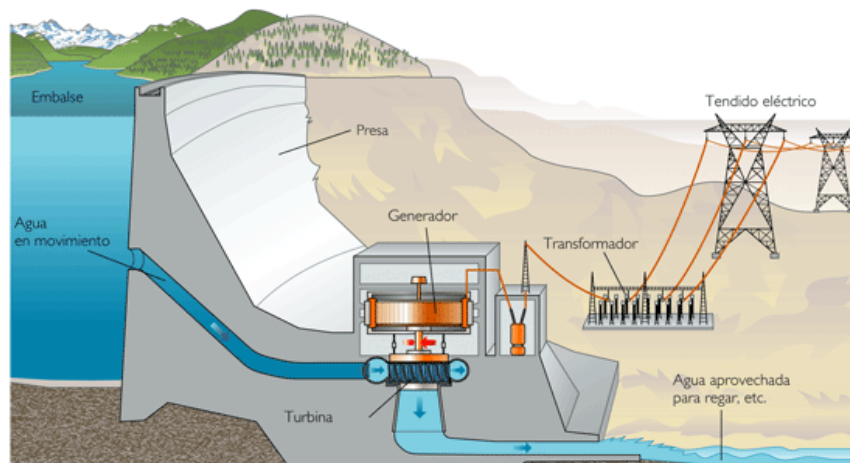


Fig. 60 Esquema de central hidroeléctrica. Fuente: [www.endesaeduca.com](http://www.endesaeduca.com) Noviembre 2017 [19]

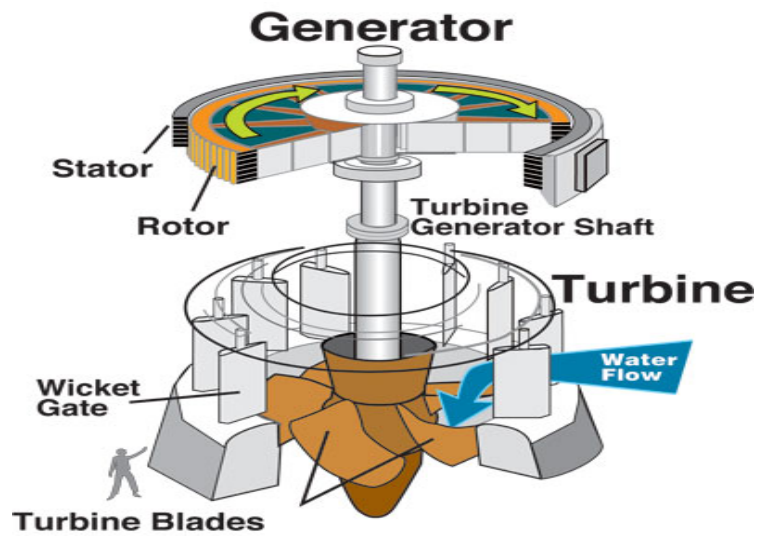


Fig. 61 La turbina está conectada a un generador. Fuente: [www.endesaeduca.com](http://www.endesaeduca.com) Noviembre 2017 [19]

#### ■ Centrales eólicas

La energía del viento mueve las palas de un aerogenerador y éste transforma la energía cinética en energía eléctrica. Los parques eólicos se sitúan en zonas en las que habitualmente hay viento con velocidades entre los 20 y los 90 Km/h y en ellos se concentran muchos aerogeneradores [19].

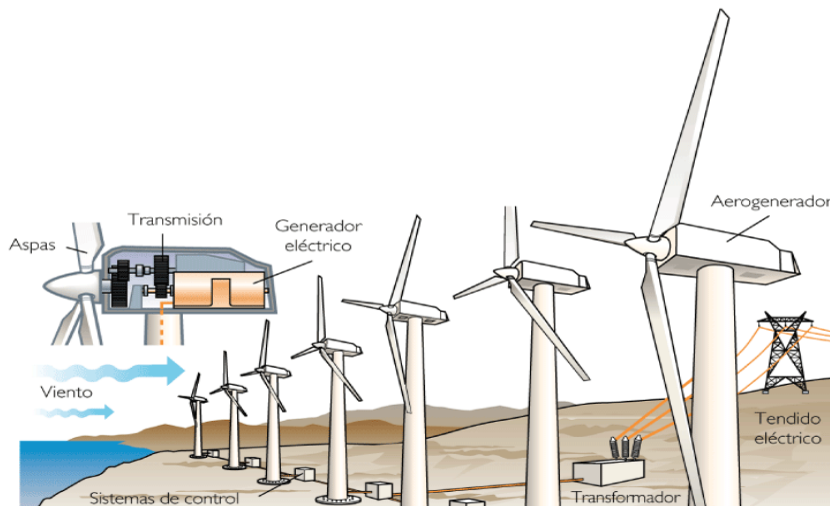


Fig. 62 Parque eólico. Fuente: [www.endesaeduca.com](http://www.endesaeduca.com) Noviembre 2017 [19]

### ■ Centrales termoeléctricas solares

Consisten en una torre central donde se recogen las radiaciones procedentes de un campo de heliostatos. La radiación solar se convertirá en energía térmica que calienta un fluido, éste produce vapor de agua y mueve una turbina conectada a un generador que a su vez producirá electricidad de bajo voltaje; posteriormente un transformador lo eleva para su transporte [19].

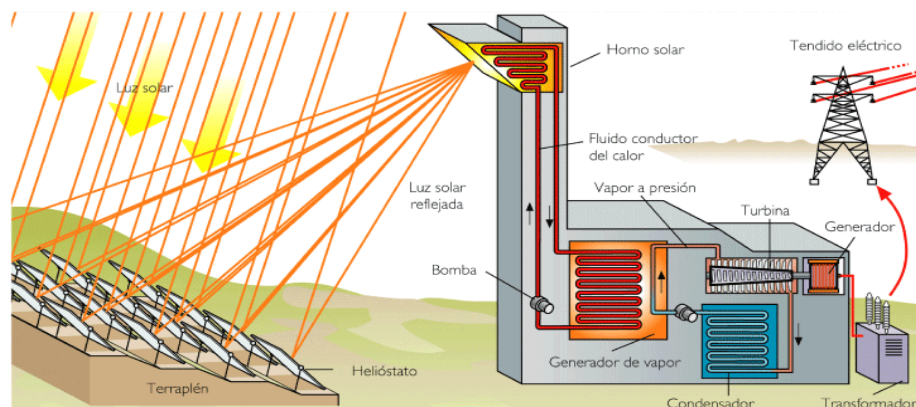


Fig. 63 Esquema de central termoeléctrica solar. Fuente: [www.endesaeduca.com](http://www.endesaeduca.com) Noviembre 2017 [19]

Actualmente se utiliza otra tecnología que está muy perfeccionada y que consiste en centrar la radiación solar en una línea de longitud variable de 600 a 800 metros, en la que los rayos solares inciden perpendicularmente. Dispone de concentradores cilíndricos parabólicos por los que circula un fluido transmisor de calor que alcanza temperaturas de hasta 400 grados centígrados y produce vapor. El vapor mueve una turbina y el generador transformará la energía cinética en eléctrica [45].

Una variante parecida a la de concentradores cilíndricos parabólicos es la central solar Fresnel cuya tecnología hasta hace poco era experimental pero que también ha evolucionado y está implantada. Tiene como característica que los reflectores se construyen con espejos de vidrio planos, circunstancia que aporta una gran ventaja frente a los concentradores cilíndricos al ser muchísimo más baratos; su construcción es más sencilla y requiere menos mantenimiento; todo ello compensa que tengan un rendimiento algo inferior [46].



## ■ Centrales de biomasa o de residuos sólidos urbanos (RSU)

Es básicamente una central térmica cuya caldera utiliza como combustible los residuos sólidos generados [19].

## II. CENTRALES QUE UTILIZAN ENERGÍA NO RENOVABLE

### ■ Centrales Térmicas Convencionales

Su caldera se alimenta con combustible fósil. La energía calorífica obtenida produce vapor de agua a alta presión que gira las palas de la turbina y produce energía mecánica que posteriormente un generador convertirá en electricidad [19].

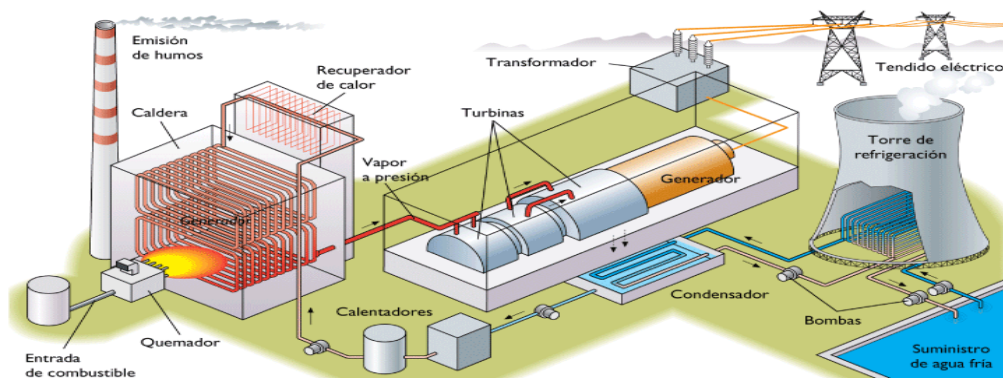


Fig. 64 Esquema de central térmica convencional. Fuente: [www.endesaeduca.com](http://www.endesaeduca.com) Noviembre 2017 [19]

### ■ Central Térmica de Ciclo Combinado

Se llama de ciclo combinado porque tiene dos ciclos termodinámicos, en uno hay combustión de gas natural y en el segundo, el calor generado produce vapor que moverá la turbina [19]

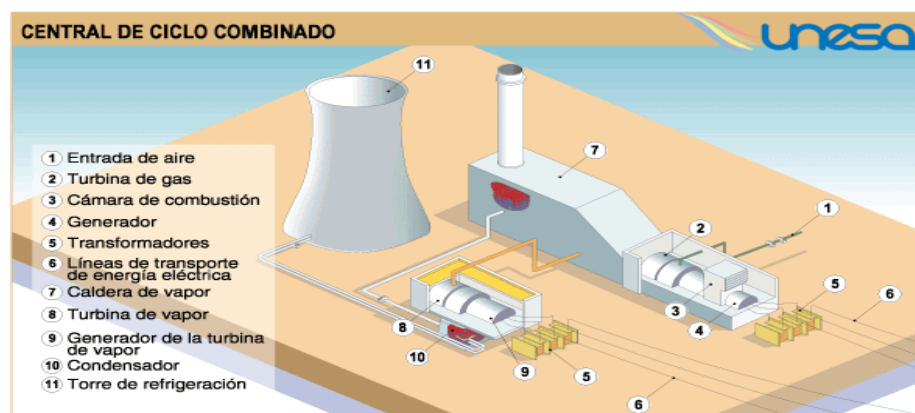


Fig. 65 Esquema de central térmica de ciclo combinado. Fuente: [www.endesaeduca.com](http://www.endesaeduca.com) Noviembre 2017 [19]



## ■ Central nuclear

El vapor de agua encargado de mover la turbina se obtiene de la gran cantidad de energía que libera la fisión de átomos de uranio [19].

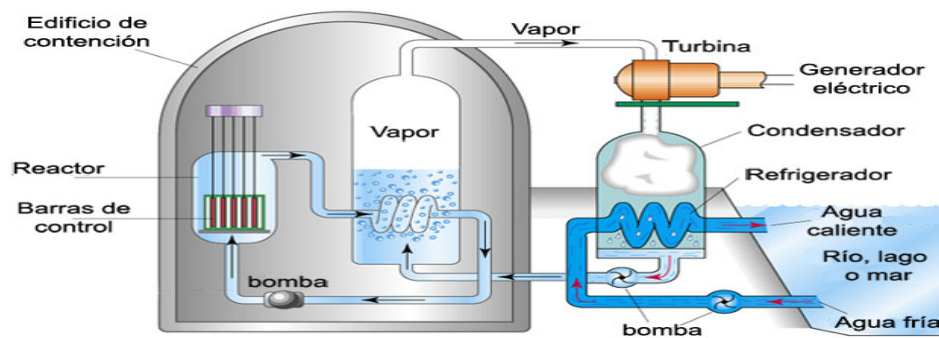


Fig. 66 Esquema de central nuclear. Fuente: [www.endesaeduca.com](http://www.endesaeduca.com) Noviembre 2017 [19]

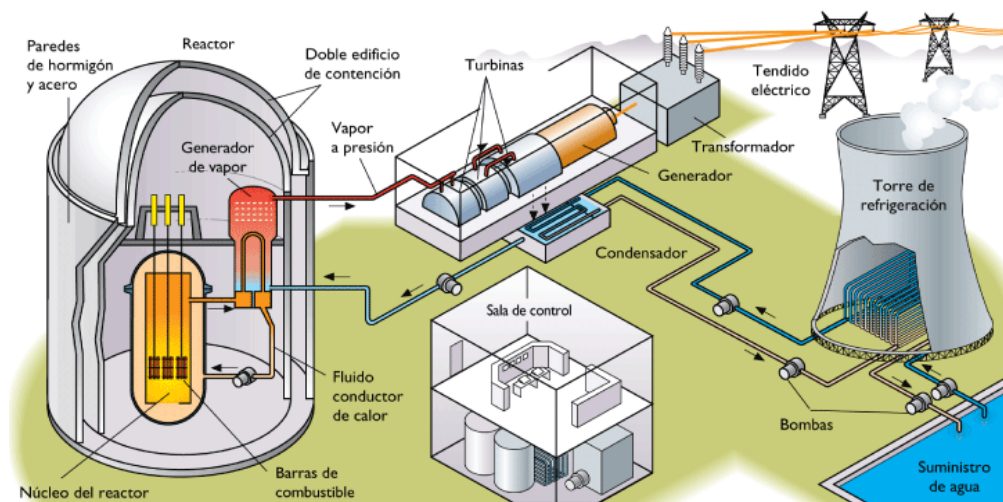


Fig. 67 Esquema 2 de central nuclear. Fuente: [www.endesaeduca.com](http://www.endesaeduca.com) Noviembre 2017 [19]

### 6.1.1.2.- Instalaciones de generación de energía eléctrica donde no se realiza la transformación de energía mecánica en eléctrica

Son fundamentalmente dos tipos:

#### ■ Parques fotovoltaicos.

En los paneles fotovoltaicos se produce el efecto fotoeléctrico por el que la energía solar se convierte en electricidad. Los rayos solares han de incidir perpendicularmente en los paneles. El efecto fotovoltaico se produce gracias a las células fotovoltaicas de silicio que hay en los paneles [19].

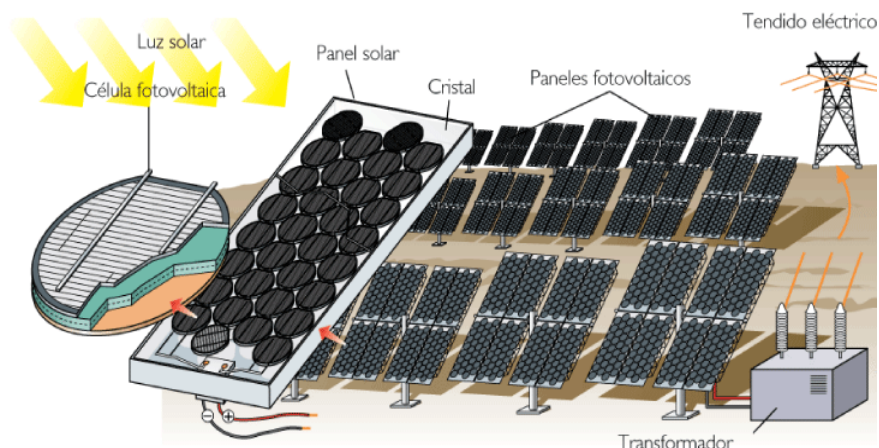


Fig. 68 Esquema del Parque Fotovoltaico. Fuente: [www.endesaeduca.com](http://www.endesaeduca.com) Noviembre 2017 [19]

#### ■ Las pilas de combustible o baterías.

Es la energía química la que produce electricidad directamente.

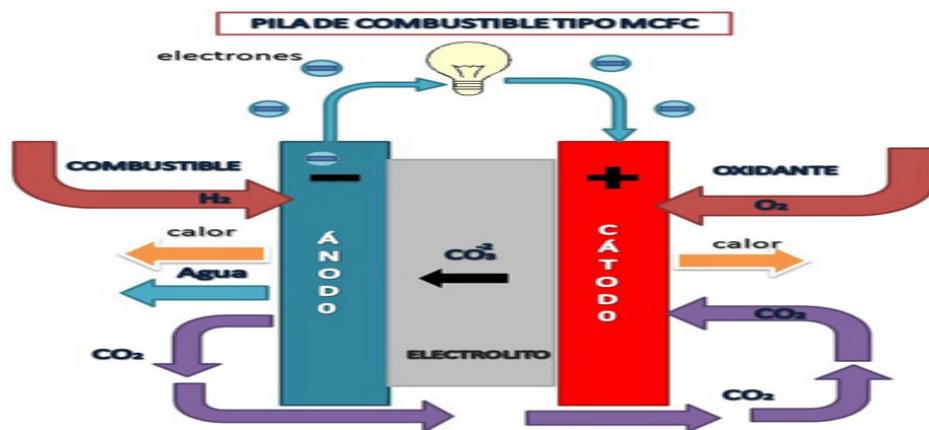


Fig. 69 Esquema de funcionamiento de pila de combustible. Fuente: imágenes Google Noviembre 2017 [29]

Atendiendo a distintos factores pueden efectuarse otras clasificaciones tales como energías contaminantes y no contaminantes, procedentes de combustibles fósiles o no, etc. [19].

### **6.1.2.- El transporte y distribución de la electricidad. Red Eléctrica Española**

La energía eléctrica es difícilmente almacenable y esta circunstancia exige la necesidad de una planificación continuada que equilibre producción y consumo. La red eléctrica está formada por las redes de transporte y distribución que unen el punto donde se genera la electricidad con el consumidor.

La electricidad es transportada mediante líneas de alta tensión (43.000 Km en España) que junto con las subestaciones (5.000 actualmente en el país) configuran la red de transporte. Las subestaciones modifican el voltaje de la electricidad, lo elevan para transportarla y lo reducen para su uso [18].

La red de distribución facilita que la electricidad llegue al consumidor y está constituida por cables subterráneos y centros de transformación.

El transportista de la electricidad es Red Eléctrica Española (REE) y la distribución la efectúan las compañías eléctricas [18].

### **6.1.3.- Red Eléctrica Española: Gestor del sistema eléctrico y transportista. La operación del sistema eléctrico**

La empresa Red Eléctrica opera el sistema eléctrico español en el ámbito de la península, islas, Ceuta y Melilla. Gestiona la red, es garante del suministro y del transporte [18].

#### **6.1.3.1.- Gestor de la red eléctrica y transportista**

Red Eléctrica Española (REE) está encargada en régimen de exclusividad conforme establece la Ley 17/2007 de 4 de julio, de transportar la energía eléctrica de alta tensión, para lo cual gestiona las infraestructuras de la red de transporte y conecta las centrales con los puntos de distribución. Es el único operador del sistema [18].

Es responsable del desarrollo, ampliación de la red y el mantenimiento; gestiona el tránsito entre sistemas exteriores y la península y también es garante del acceso de terceros a la red en condiciones de igualdad [18].

### 6.1.3.2.-La operación del sistema eléctrico

Comprende todas las actividades precisas para preservar la seguridad y continuidad de la energía, cubrir la demanda y coordinar la producción con el transporte al objeto de que la electricidad llegue a las redes de distribución adecuadamente [18].

Red Eléctrica garantiza el equilibrio entre producción y demanda con una intensa planificación; si hay desviaciones, se adaptan mediante instrucciones a las centrales para incrementar o reducir la generación [18].

Efectúa los denominados “servicios de ajuste del sistema peninsular” y también la gestión de actuaciones complementarias y desvíos. Todos los años confecciona un estudio sobre la evolución de la demanda y previsión de cobertura; programa el mantenimiento y obras nuevas. Para todo precisa la aprobación del Ministerio de Industria, Energía y Turismo [18].

REE cuenta con varios centros de operación:

#### I. CENTRO DE CONTROL ELÉCTRICO (CECOEL)

“Es responsable de la operación y supervisión de la coordinación en tiempo real de las instalaciones de generación y del transporte de la electricidad a nivel nacional” [18]. Funciona de forma continuada todos los días del año y las 24 horas [18].

Imparte órdenes de producción, afronta los picos de la demanda y situaciones de averías de generadores. Garantiza que la electricidad transportada tiene los estándares exigidos; también facilita gráficos en tiempo real de toda la información [18].

#### II. CENTRO DE CONTROL DE ENERGÍAS RENOVABLES (CECRE)

Estudia y planifica la obtención de energía de fuentes renovables. Las singularidades que tiene esta generación por su dispersión y dependencia del clima exige un tratamiento especial [18].

### III. GESTIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Los consumidores finales de electricidad son la industria, el comercio, los hogares, las empresas y los servicios. La demanda eléctrica que realizan, varía a lo largo de las horas del día y de la época del año, pero hay rutinas de consumo que permiten a REE efectuar previsiones. En general la demanda se incrementa al comenzar la jornada laboral, a mediodía cuando se cierra el comercio, y a las horas finales del día. En el verano es superior a las horas centrales del día por el calor [18].

La imposibilidad de almacenar la electricidad obliga a igualar en tiempo real generación y consumo; cuando se producen y cuando hay crestas de demanda comienzan a funcionar las centrales más contaminantes y caras [18].

La electricidad en las horas nocturnas es más barata porque la demanda se reduce mucho [18].

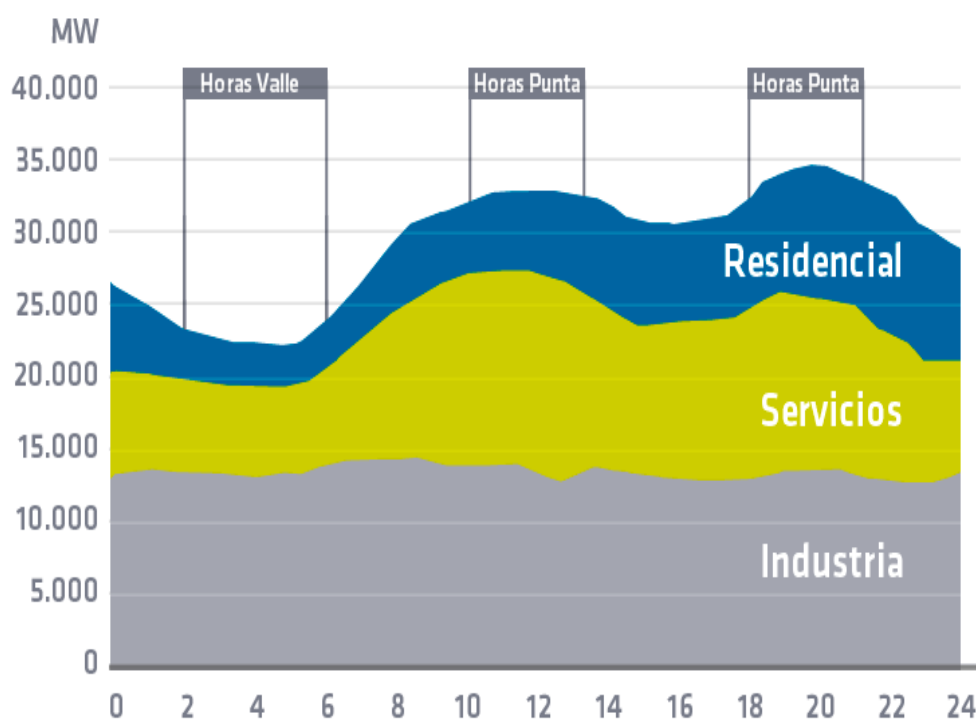


Fig. 70 Consumo eléctrico por los distintos sectores demandantes a lo largo del día. <http://www.ree.es/es/>.  
Noviembre 2017 [18]

Hay que implementar medidas para generar nuevos hábitos en el consumo de forma que se suprima el que no sea necesario, y se equilibre la curva de demanda a lo largo de las 24 horas; algunas de estas medidas son las que se exponen a continuación:

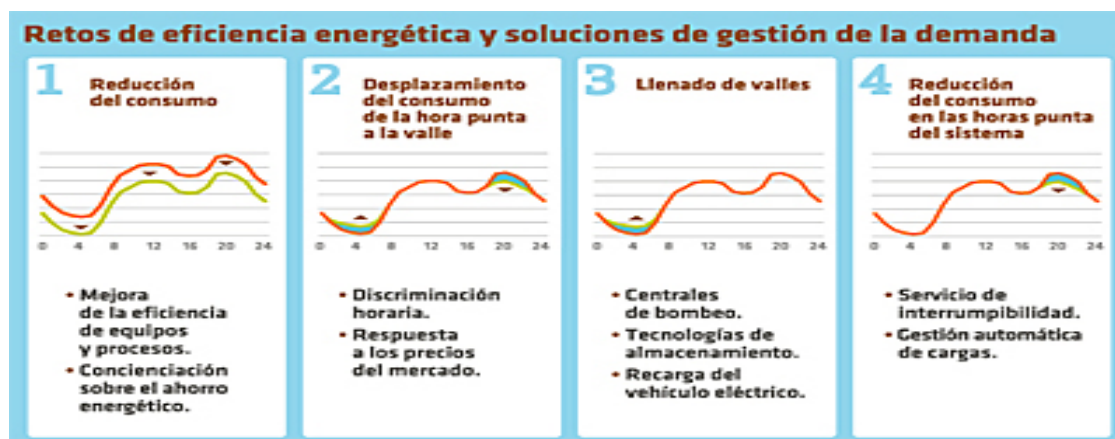


Fig. 71 Medidas para gestionar la demanda eficiencia y sostenibilidad. <http://www.ree.es/es/>. Nov. 2017 [18]

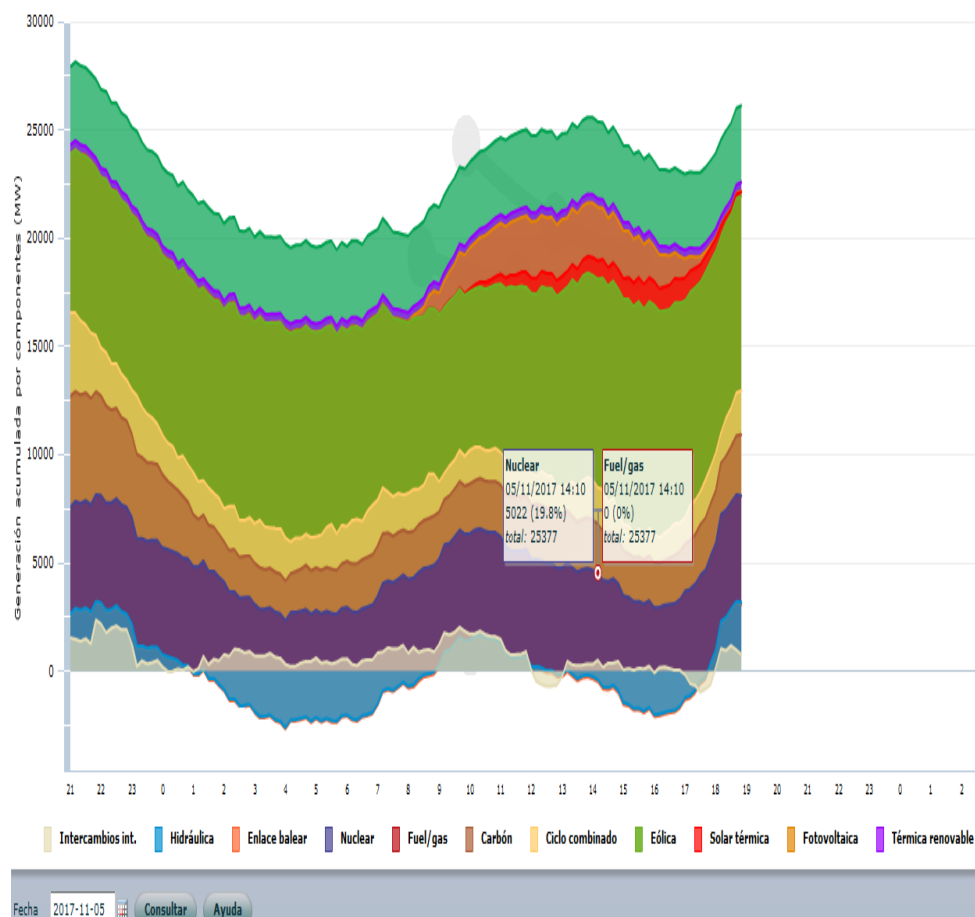
## 6.2.-REE, OMIE, LAS COMPAÑÍAS ELÉCTRICAS Y EL PRECIO DE LA LUZ

REE es esencial en el entramado del sistema eléctrico de nuestro país, pero éste es más complejo y tiene otros intervinientes a los que vamos a referirnos en relación al ámbito del mercado eléctrico de la Península Ibérica que incluye Portugal:

- Organismos Reguladores: Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Entidad Reguladora de Servicios Energéticos, Comisión Nacional del Mercado de Valores.
- Operadores del Mercado Ibérico: "OMI POLO ESPAÑOL S.A (OMIE)", "Operador del Mercado Ibérico de Energía Polo Portugués, SA (OMIP)", Sociedad Tenedora de acciones según el convenio MIBEL con sede en España (OMEL).
- Operadores de los sistemas español y portugués: REE, REN ("Redes Energéticas Nacionales, SGPS SA").

REE y también OMIE (Operador del Mercado Ibérico de Energía) ofrecen en su web información sobre la oferta, la demanda y el precio de la electricidad, en especial el denominado Precio Voluntario al Pequeño Consumidor (PVPC), que tomaremos como referencia para valorar el costo de la electricidad que necesita la recarga del VE.

La información que ofrece la web de REE está actualizada permanente casi a tiempo real, y es muy completa; en ella se informa de la electricidad programada, la demanda, la fuente de energía que se está utilizando en la generación y las emisiones de CO<sub>2</sub> (aproximadamente el 28% de las emisiones totales) que emite cada fuente de energía durante su producción [18].



**Fig. 72 Detalle de la estructura de generación de la electricidad del día 5/11/17 a las 19.00 horas. Fuente: <http://www.ree.es/es/>. Noviembre 2017 [18]**

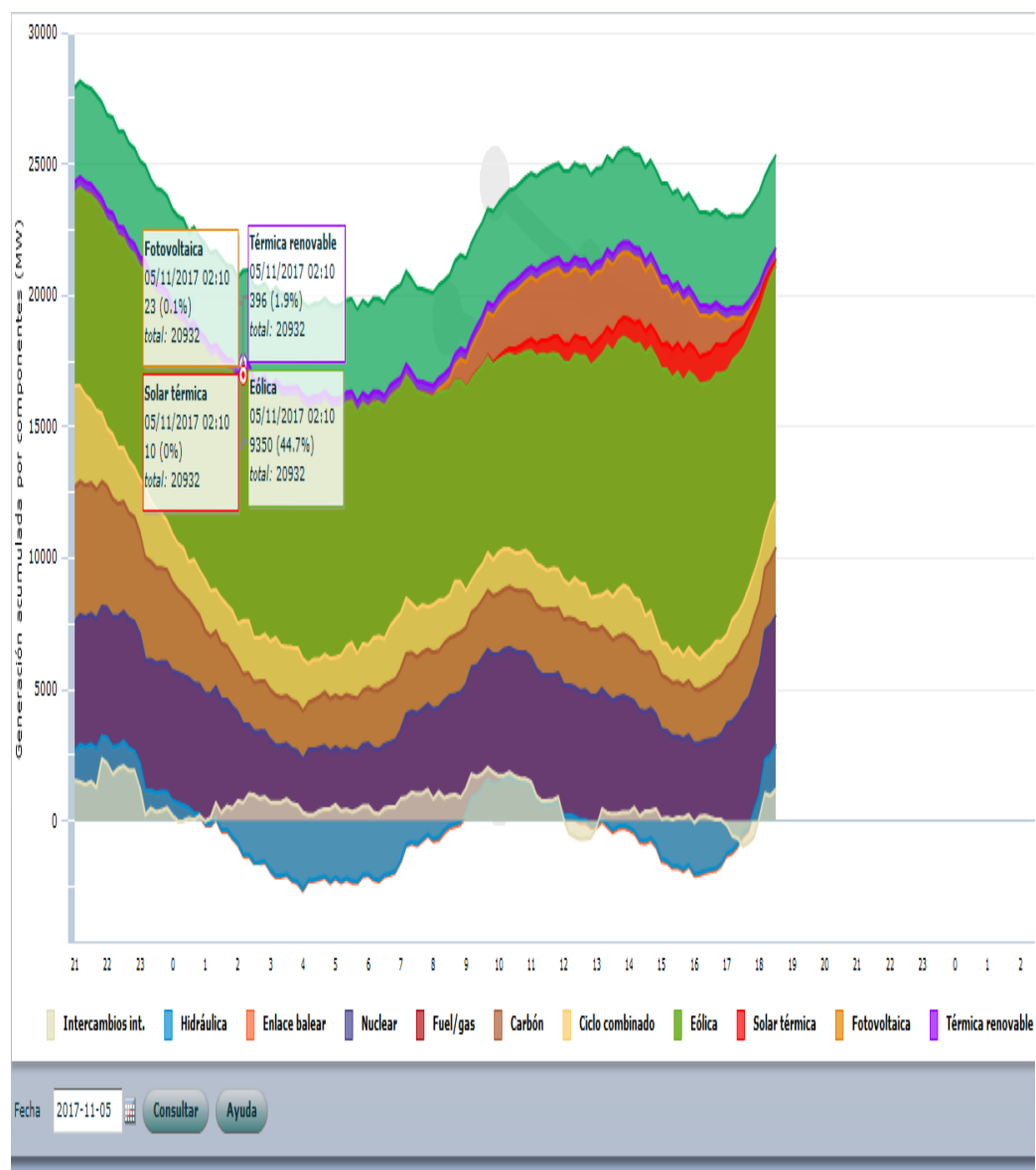
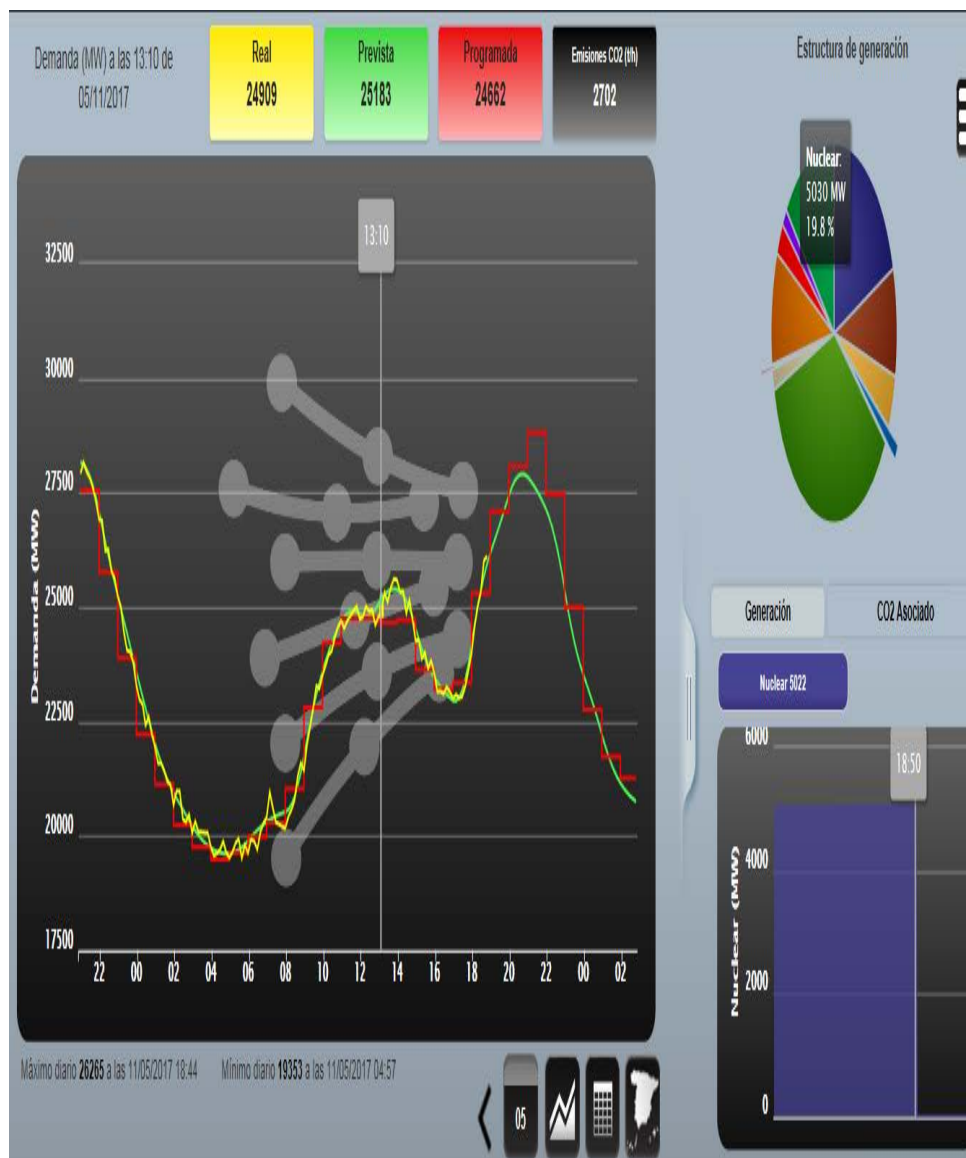
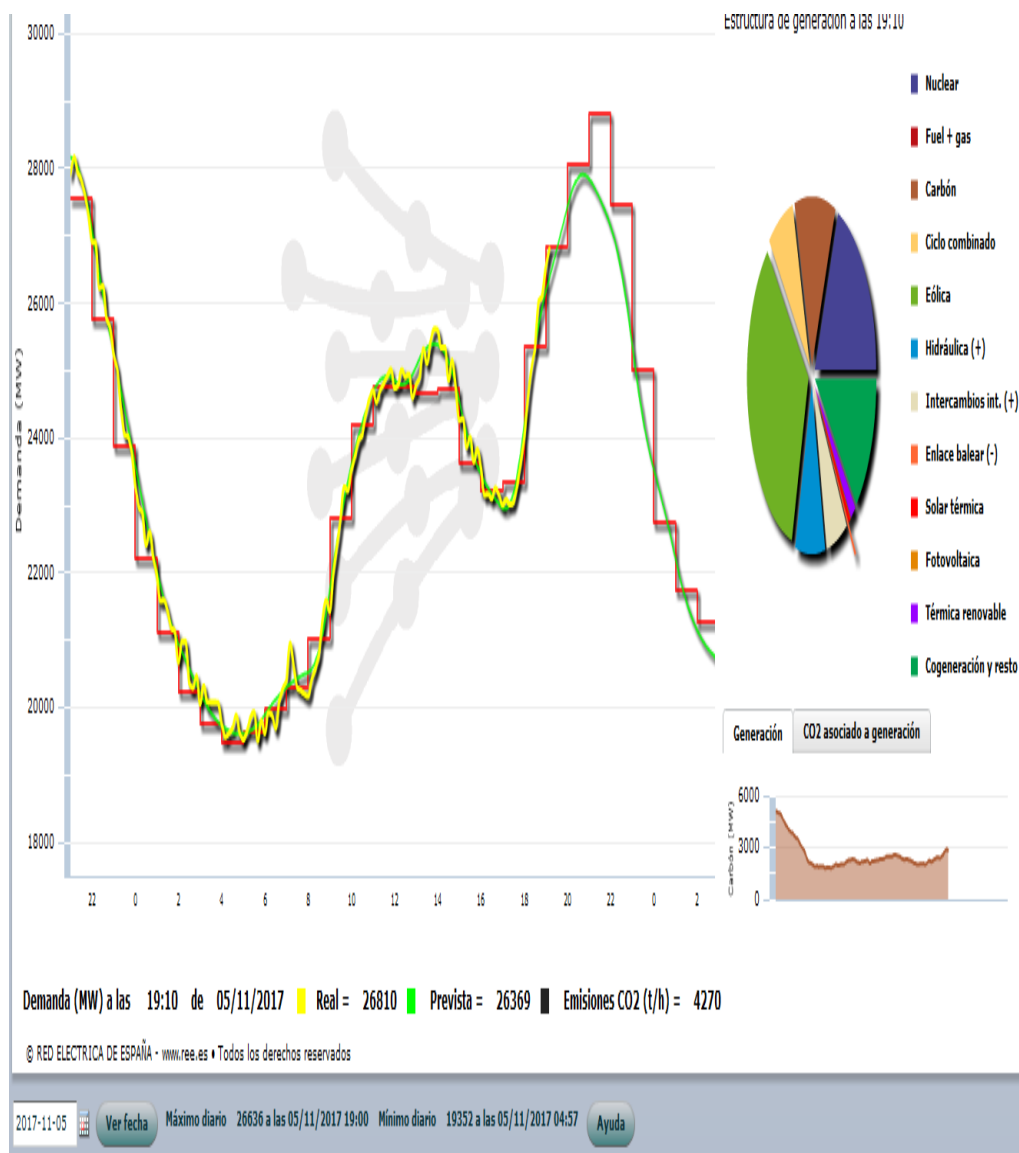


Fig. 73 Detalle de la generación en tiempo real a las 18.45 del 5/11/17. Fuente: <http://www.ree.es/es/>. Noviembre 2017 [18]





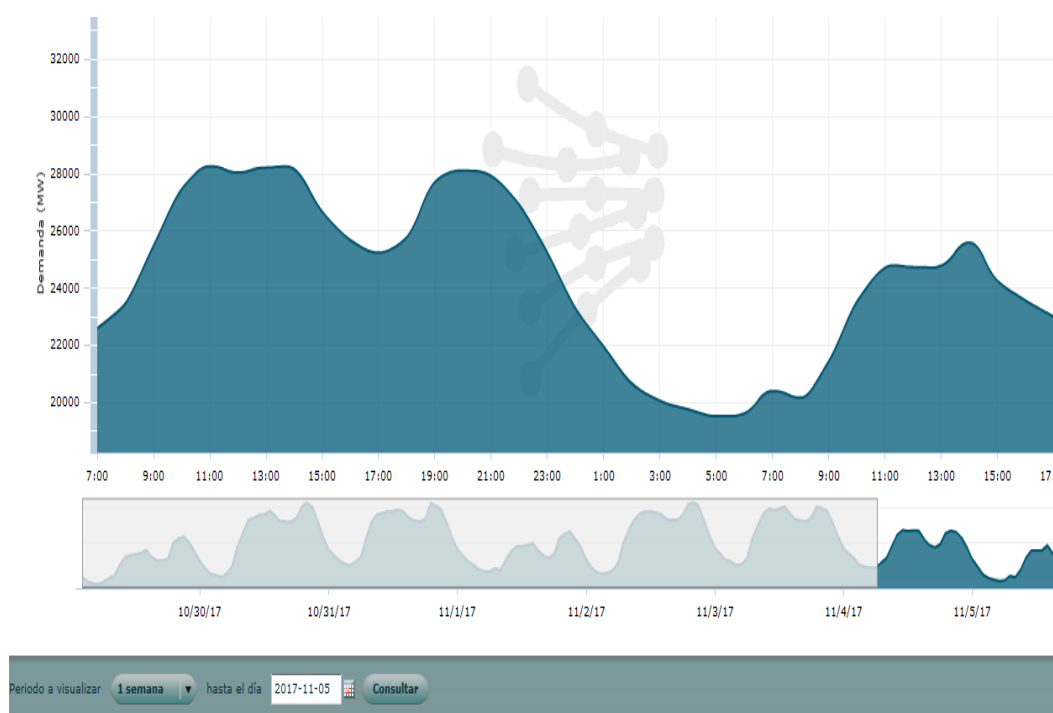
**Fig. 74 Seguimiento de la demanda eléctrica real, prevista y programada del día 5/11/17, así como la estructura de la generación y las emisiones de CO2 emitidas por cada tecnología. . Fuente: <http://www.ree.es/es/>. Noviembre 2017 [18]**



**Fig. 75 Detalle demanda electricidad en tiempo real, estructura generación, emisiones CO2. Fuente: <http://www.ree.es/es/>. Noviembre 2017 [18]**

Para comprender estos gráficos, la web de REE explica que en ellos:

- La curva amarilla es la demanda real de electricidad en cada momento [18].
- La curva verde refleja la previsión de la demanda efectuada por REE considerando otros momentos anteriores similares y los factores que influye en el consumo (condiciones climatológicas, actividad económica, día de la semana etc.)[18]
- La línea roja marca la producción programada para los productores que han conseguido adjudicarse la casación en los mercados diario, intradiario, de gestión de desvíos y en la regulación terciaria [18].



**Fig. 76 Consulta de demanda de un intervalo de tiempo (ej. Semana, del 30 de octubre al 5 de noviembre de 2017- hora de la consulta 18.40 del 5/11/17). Fuente: <http://www.ree.es/es/>. Noviembre 2017 [18]**

El siguiente gráfico fracciona el comportamiento de la demanda prevista y real en espacios temporales muy pequeños a lo largo del día; esto permite estudiar la evolución a lo largo del día y de examinar las costumbres de consumo [18].

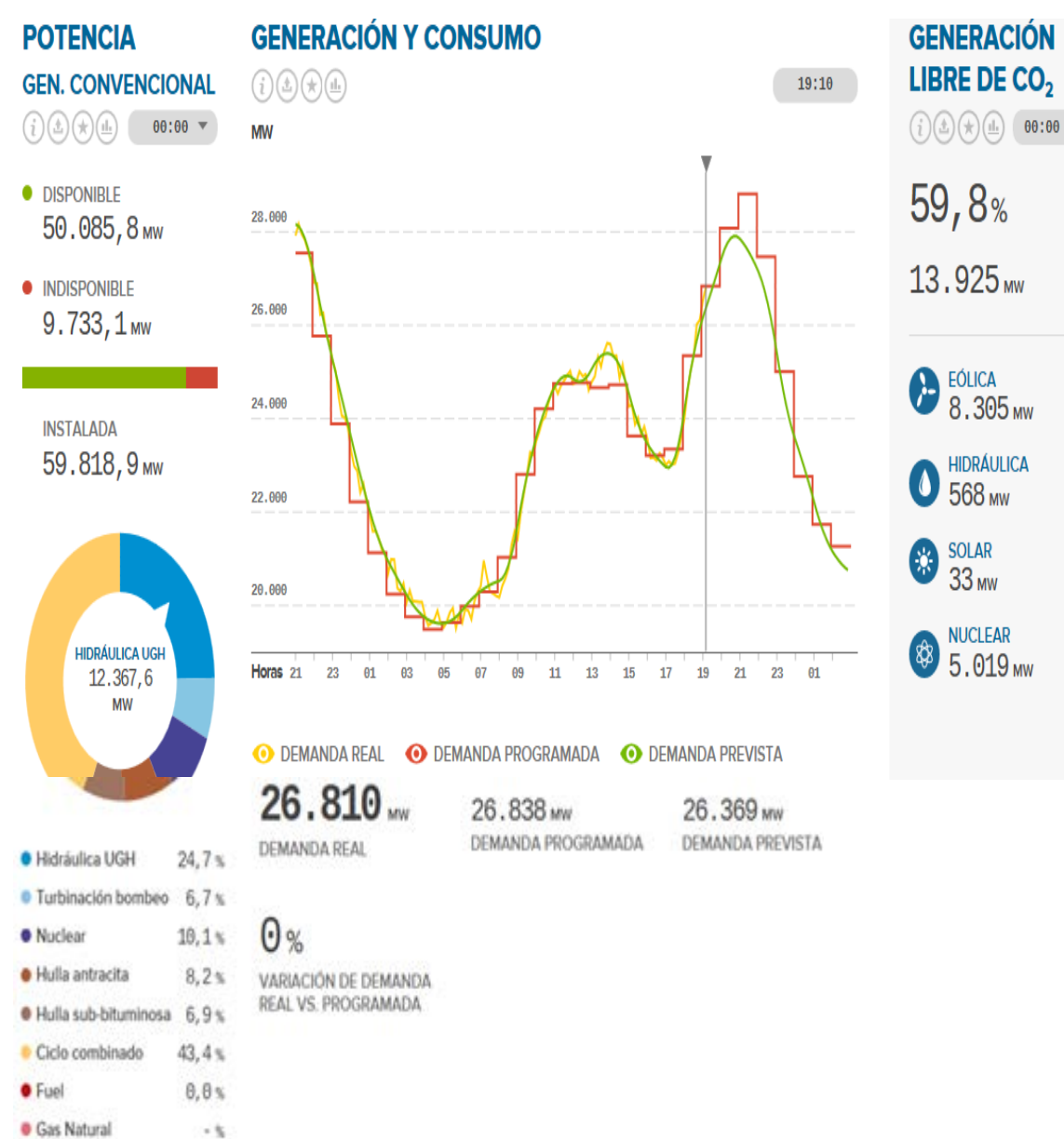


Fig. 77 Detalle de generación eléctrica, demanda real, demanda programada. 19.00 horas del 5/11/17. Fuente: <http://www.ree.es/es/>. Noviembre 2017 [18]

El Operador del Mercado Ibérico de Energía (OMIE) es la empresa que gestiona el mercado mayorista de compraventa de electricidad en la Península Ibérica (abarca Portugal a través de OMI-Polo Portugués). En este mercado los compradores de electricidad contratan a precios públicos transparentes. OMIE realiza diariamente la facturación y liquidación económica de la energía objeto de compraventa. La operación de compraventa se efectúa mediante una plataforma electrónica a la que se accede por internet, que permite que muchos agentes de forma simultánea interactúen [20].

El funcionamiento del mercado diario es semejante en toda la Unión Europea. Es el principal mercado de contratación de energía eléctrica y se dice que es marginalista porque el precio y el volumen de contratación en cada hora lo determina el punto de equilibrio de oferta y demanda. Hasta las 12.00 horas de cada día se reciben ofertas de compraventa para el día siguiente; a continuación se tratan conjuntamente con las efectuadas por los operadores del *Market Coupling of Regions*, y para ello se emplea la fórmula matemática “EUPHEMIA”. Cuando ha quedado concretado el precio de la energía que se va a generar y a adquirir a cada hora del día siguiente, OMIE lo publica [20].

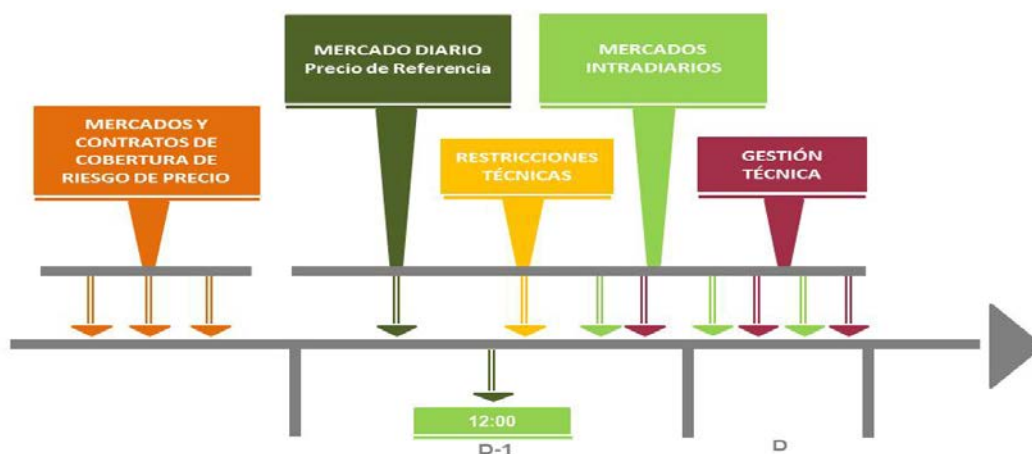


Fig. 78 Secuencia de tiempo de los mercados y procesos del MIBEL. <http://www.omie.es/inicio>. Noviembre 2017 [20]

Con posterioridad también entran en funcionamiento los denominados “mercados de ajustes o intradiarios” que facilitan operaciones de compraventa que acoplan minuciosamente el programa de producción y consumo en tiempo real [20].

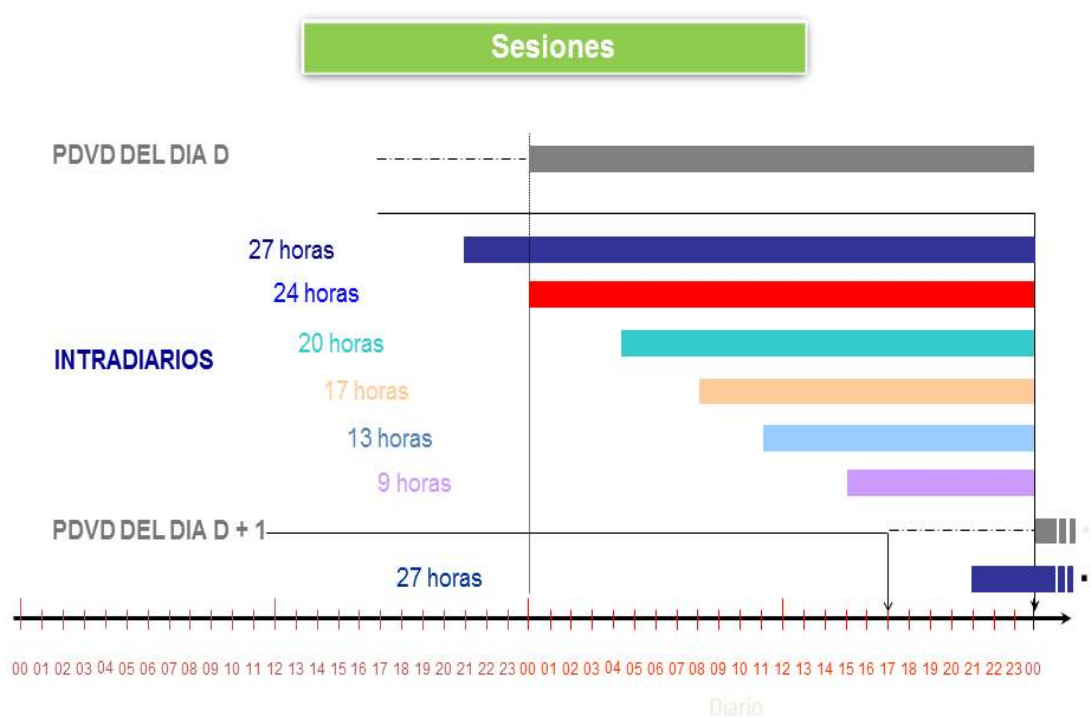


Fig. 79 Mercado intradiario del MIBEL. Horizonte de tiempo de las seis sesiones. <http://www.omie.es/inicio> [20]

El mercado intradiario se estructura actualmente en seis sesiones con la siguiente distribución de horarios por sesión:

	SESION 1ª	SESION 2ª	SESION 3ª	SESION 4ª	SESION 5ª	SESION 6ª
Apertura de Sesión	17:00	21:00	01:00	04:00	08:00	12:00
Cierre de Sesión	18:45	21:45	01:45	04:45	08:45	12:45
Casación	19:30	22:30	02:30	05:30	09:30	13:30
Recepción de desagregaciones de programa	19:50	22:50	02:50	05:50	09:50	13:50
Publicación PHF	20:45	23:45	03:45	06:45	10:45	14:45
Horizonte de Programación (Periodos horarios)	27 horas (22-24)	24 horas (1-24)	20 horas (5-24)	17 horas (8-24)	13 horas (12-24)	9 horas (16-24)

Los horarios son los establecidos en las Reglas de Funcionamiento del Mercado. Los que figuran en la tabla adjunta son los horarios límite posibles.

Por cada unidad de producción o adquisición se podrán presentar múltiples ofertas de compra o venta.

Tabla 5 Sesiones del mercado intradiario. <http://www.omie.es/inicio>. Noviembre 2017 [20]

El coste de la energía eléctrica, además del incremento generado por la gestión técnica del sistema, se concreta por el precio horario que marcan los mercados diario e intradiario que administra OMIE en cada período de facturación [20].

OMIE publica en su web estos precios y el volumen de electricidad negociada. El precio medio horario (PMh) se determina por el resultado del mercado diario y de la primera sesión del intradiario que no incluye ningún otro coste ni pérdidas [20].

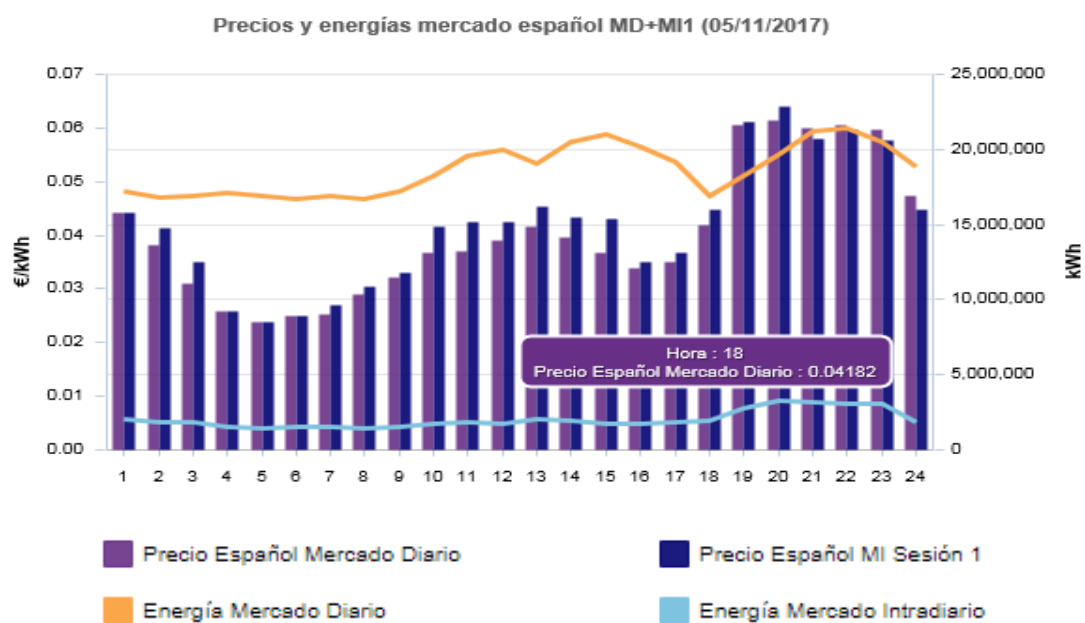


Fig. 80 Información de la web de OMIE de 4/11/17 a las 23.00 horas del precio MD+MI1 para el 5/XI/17 [20]

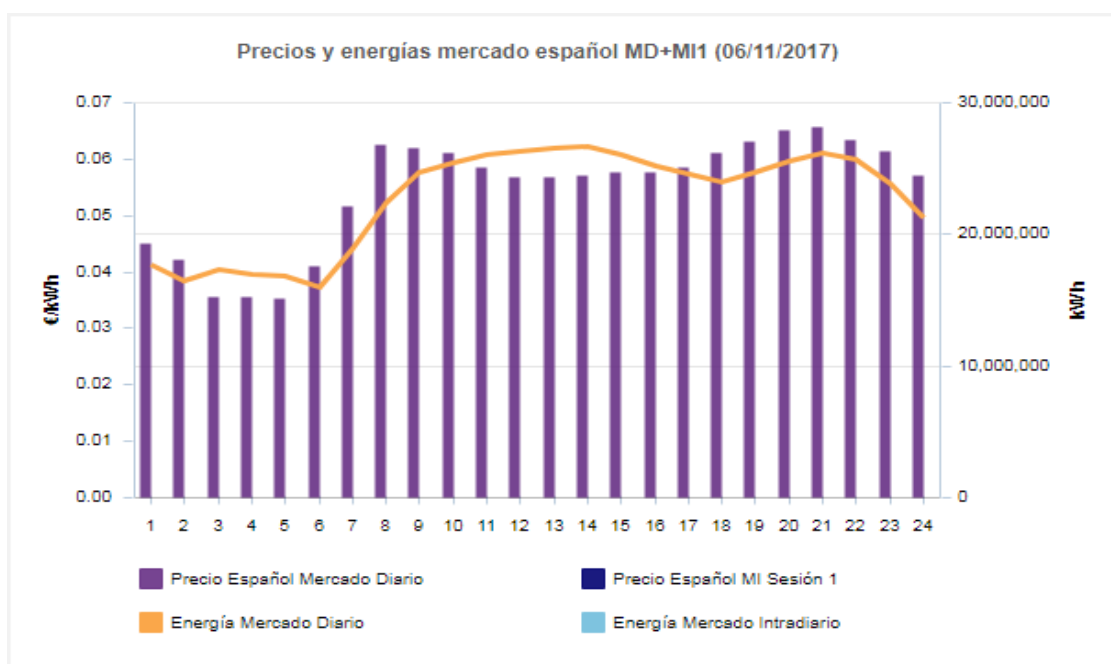
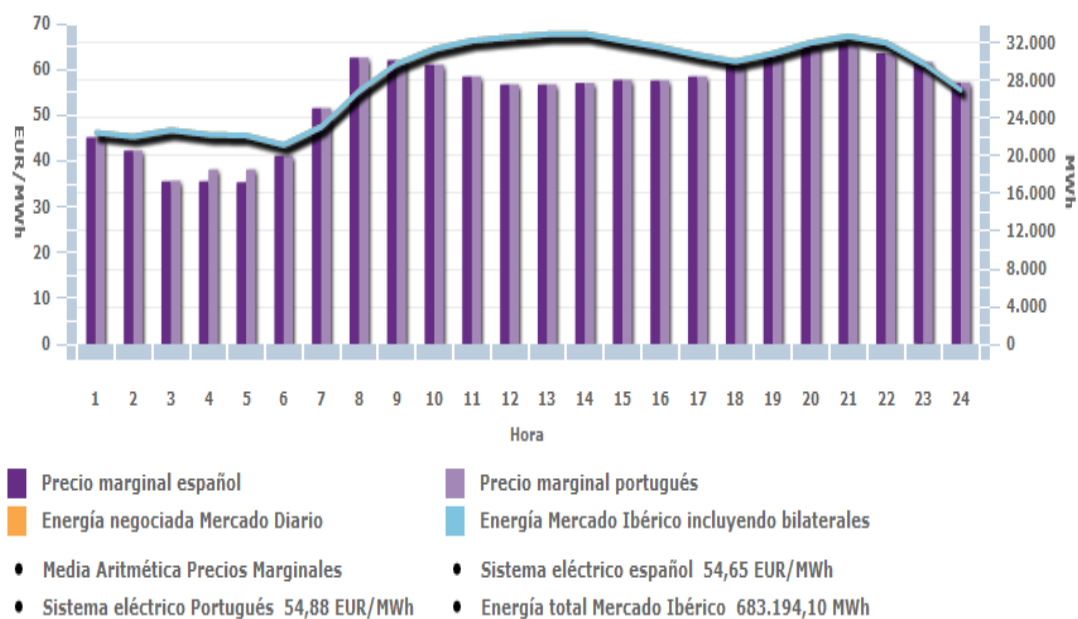


Fig. 81 Información de la web de OMIE de 5/11/17 a las 1710 horas del precio MD+MI1 para el 6/XI/17 [20]



### 06/11/2017 - Precio horario del mercado diario



[Mercado diario](#)

[Mercado intradiario](#)

[Precio final medio](#)

[Comparativa de precios](#)

Precio horario del mercado diario

Curvas agregadas de oferta y demanda

Capacidad y ocupación de importación y exportación después del mercado diario

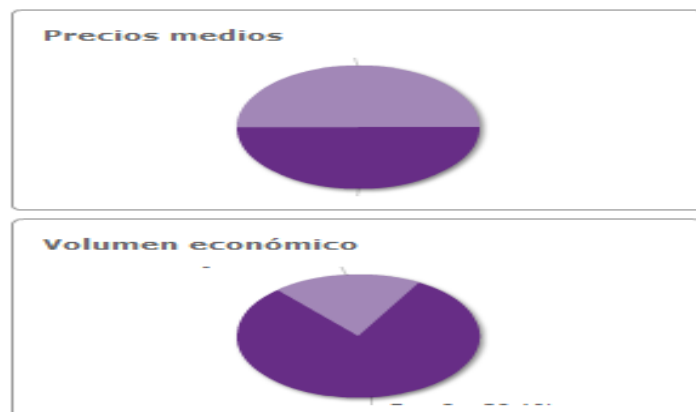
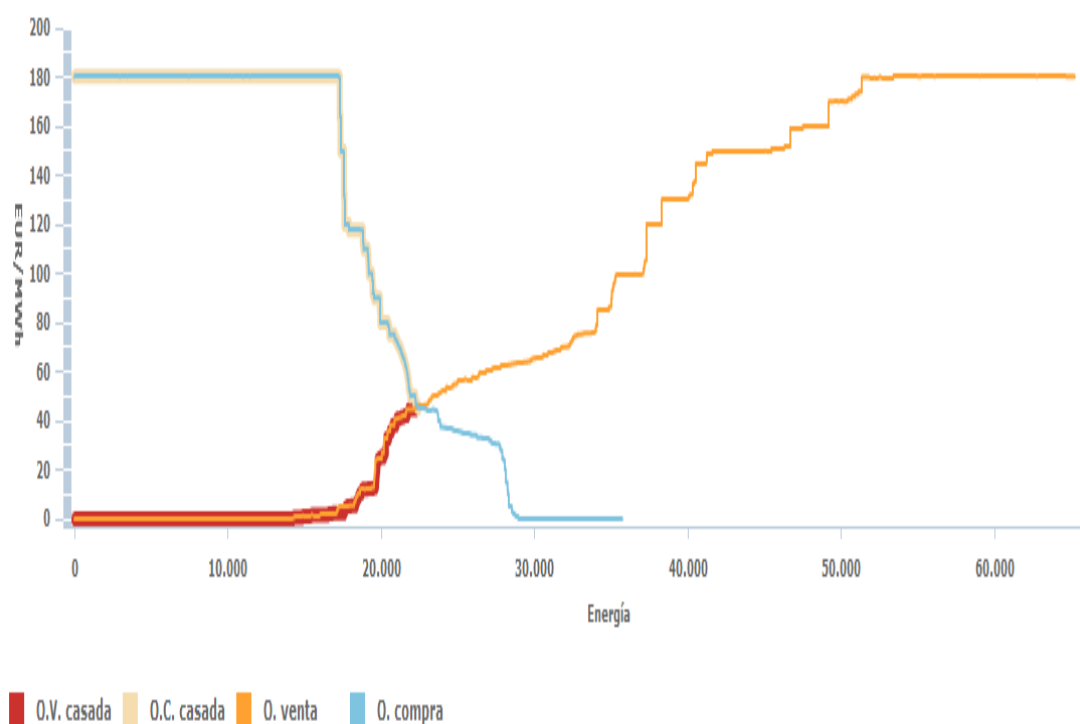


Fig. 82 Precio del mercado diario de electricidad para 6/XI/17. Información de la web de OMIE a las 17.15 horas del día 5/XI/17 [20]

# 06/11/2017 - Curvas agregadas de oferta y demanda



[Mercado diario](#)
[Mercado intradiario](#)
[Precio final medio](#)
[Comparativa de precios](#)

Precio horario del mercado diario

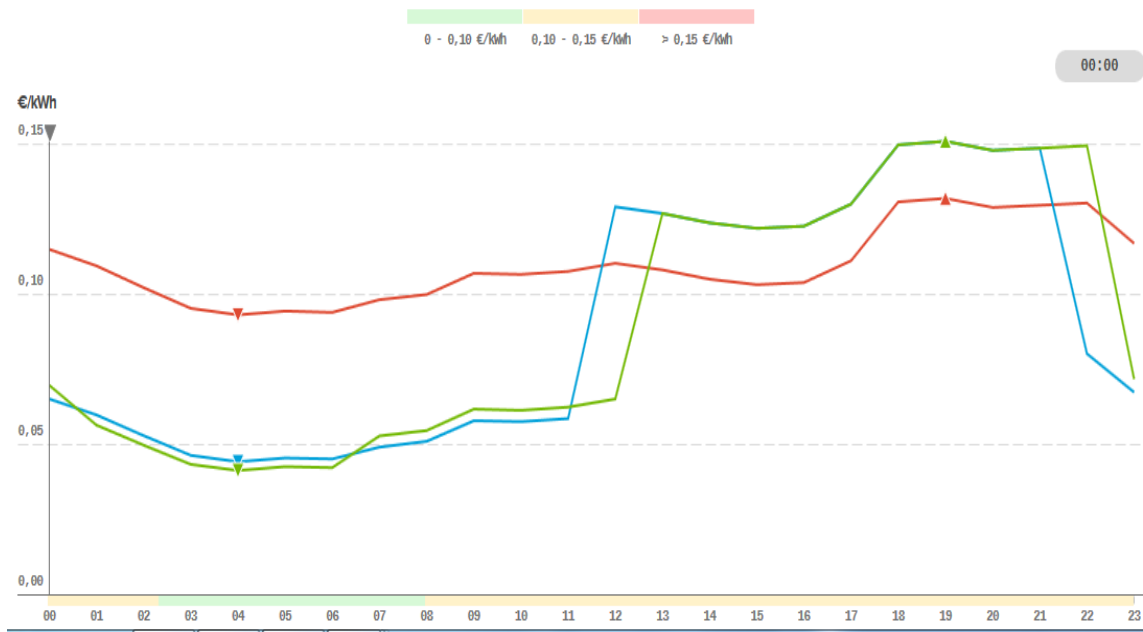
Curvas agregadas de oferta y demanda

Capacidad y ocupación de importación y exportación después del mercado diario

Capacidad y ocupación de importación y exportación después de las restricciones

**Fig. 83** Curva de oferta y demanda de electricidad para 6/XI/17, oferta casada. Información tomada de la web de OMIE a las 17.20 horas del día 5/XI/17 [20]

## TÉRMINO DE FACTURACIÓN DE ENERGÍA ACTIVA DEL PVPC



● TARIFA POR DEFECTO (PEAJE 2.0 A)  
0,11509 €/kWh

● EFICIENCIA 2 PERIODOS (PEAJE 2.0 DHA)  
0,06524 €/kWh

● VEHÍCULO ELÉCTRICO (PEAJE 2.0 DHS)  
0,06980 €/kWh

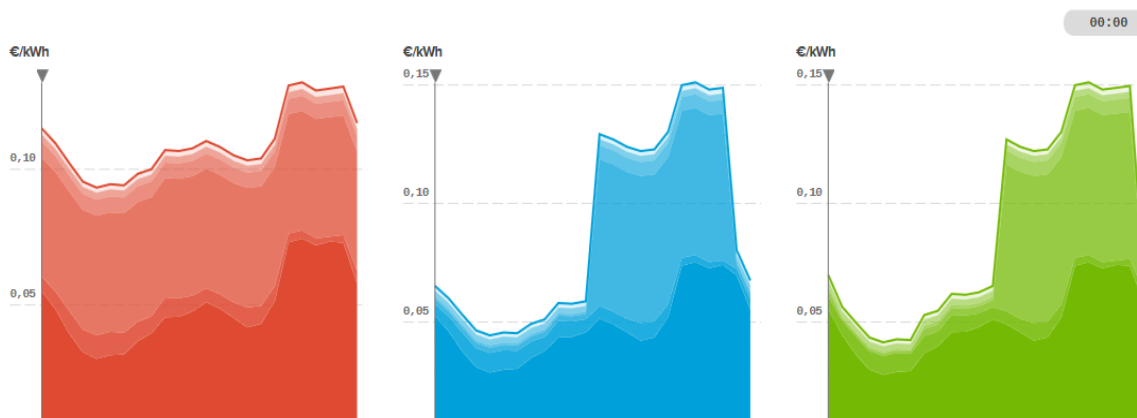




Fig. 84 Términos de facturación de energía activa del PVPC Información tomada de OMIE el día 5/XI/17 [20]

## 6.2.2.- El Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor (PVPC) y la tarifa súper valle del VE

REE determina y publica el denominado Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor (PVPC) que fue establecido por el RD 216/2014 de 28 de marzo (BOE de 29 de marzo de 2014). Sólo pueden acogerse al PVPC los consumidores que tienen un suministro con potencia contratada que no exceda de 10 KW [18].

REE facilita a partir de las 20.15 horas de cada día la información del PVPC del día siguiente en su página (<http://www.esios.ree.es/web-publica/>), a la que se accede también con la aplicación “SmartVlu” del Apple Store para *smartphones*, de forma que el pequeño consumidor puede conocer el importe del consumo en función de si se acoge a la tarifa general, nocturna o supervalle que es la específica para el vehículo eléctrico. El precio de la energía eléctrica y su percepción por el consumidor pueden ser un factor determinante para que el cliente decida

adquirir o no un VE, por lo que se analizará cómo se calcula este precio y la repercusión concreta en la recarga del VE.

El precio que abona el consumidor por la electricidad tiene una formación bastante compleja que tiene en cuenta el coste de producir la electricidad, los peajes y el coste en que se incurre para su comercialización; en concreto, el precio mayorista supone el 35% del precio final, los peajes el 40%; en tanto que el IVA y el impuesto específico el 25% [20].

Como se trata de un bien básico de primera necesidad, la determinación del precio está sujeta a regulación pública mediante una fórmula matemática que sirve para “determinar el precio en una subasta a la que acuden aquellas centrales generadoras que están paradas (en el mínimo técnico) y en disposición de ofrecer potencia al sistema si se les requiere para unas horas determinadas” [20].

La regulación se encuentra en la Resolución de 1 de agosto de 2013 de la Secretaría de Estado de Energía, que aprobó la modificación de los procedimientos de operación del Sistema Eléctrico Peninsular (SEP), P.O.-3.1, P.O.-3.2, P.O. 3.8 y P.O. 3.9, acoplándose al cambio de la hora de cierre del mercado diario MIBEL a las 12h00 CET, BOE de 9 de agosto de 2013 [20].

EUPHEMIA se encarga de organizar las ofertas de electricidad conforme a su precio, dando preferencia a las baratas hasta lograr la cantidad precisa. Sin embargo surgen muchas singularidades en el proceso dado que hay ofertas por bloques divisibles, indivisibles y las denominadas “de todo o nada”. Las primeras consisten en que se ofrece para la totalidad de horas de un período, pero si el algoritmo localiza un ofrecimiento más económico en alguna de la horas, la expulsa de la puja absolutamente, y el resultado puede implicar que se adquiera la electricidad a precio más caro, porque la formula busca nuevas propuestas habiendo excluido aquéllas y va sumando potencia cada vez con una oferta más limitada. Efectúa la operación hasta cuatro veces y se queda con las disponibles hasta lograr la energía requerida, de modo que la última oferta que se considera determina el precio [20].

Pese a ser un mercado regulado, el consumidor tiene la impresión de que hay una continua subida y en ocasiones se producen picos (ejemplo, la tarde del 25 de octubre de 2017 entre las 19.00 y las 22.00 horas se produjo una elevación muy importante en el precio) que son prácticamente inexplicables y todo ello genera mucha incertidumbre [11].

Muchos considera que es necesario mejorar el algoritmo porque las ofertas de electricidad que va descartando de la puja ya no vuelve a considerarse en ningún momento pese a que su precio sea más favorable que el último [6].

También influyen en el precio las condiciones climatológicas, así la sequía junto al escaso viento en otoño de 2017 perjudicaron a las renovables. Por el contrario, Europa Press informaba el 17 de marzo de 2018 la reducción del precio en más del 23%, por el crecimiento de las energías renovables (el 70% la energía eólica y un 40% la hidráulica) [22].

España tiene un gran potencial en renovables que aún no se ha explotado adecuadamente y queda mucho por hacer en esta materia. Lo que comienza a ser una realidad es están adquiriendo mayor importancia y eso se observa en el mundo económico y financiero (subidas en las bolsas, emisiones de bonos verdes, preferencia inversora por proyectos en renovables, iniciativas públicas que priman las inversiones en estas fuentes, etc.). El incremento de la participación de renovables en el mix de generación puede también impulsar la compra de VE por parte de muchos usuarios, así como la percepción de que el precio de la electricidad permanecerá más estable o será incluso más interesante en las horas de tarifa súper valle para el VE.

### **6.3.- RELACIÓN DIRECTA ENTRE LA EFICIENCIA MEDIOAMBIENTAL DEL COCHE ELÉCTRICO Y LA FUENTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA. GENERACIÓN RENOVABLE**

El coche eléctrico es ecológico porque durante su funcionamiento no quema combustibles fósiles y no expulsa GEI a la atmósfera.

Esta eficacia medioambiental del VE se incrementa en la medida que la electricidad que necesita para su funcionamiento la generan fuentes renovables no contaminantes.

Algunos sectores manifiestan que el VE sólo tiene sentido ecológico cuando la producción eléctrica proceda de renovables, pero que no es favorable si la electricidad tiene origen en fuentes contaminantes. Sin embargo hay estudios que refutan esta idea y analizan que incluso en los sistemas más contaminantes el VE es mejor que el vehículo de combustión interna en términos medioambientales. En este sentido destaca el estudio realizado por la Universidad de VUB, Bruselas, junto con la organización *Transport & Environment (T&E)* [21].

El informe compara las emisiones que genera un vehículo diesel en su funcionamiento con las producidas en la generación de la electricidad consumida por el VE. Incluso en Polonia, que es el país europeo con la producción eléctrica más contaminante por un enorme uso del carbón, el VE es más ventajoso aun contabilizando las emisiones producidas en la fabricación de las baterías. Se comprueba que hasta en Polonia, el VE emite durante toda su vida útil un 25% menos de emisiones que el diesel y si la comparativa es en Suecia, la reducción es del 85% [21].

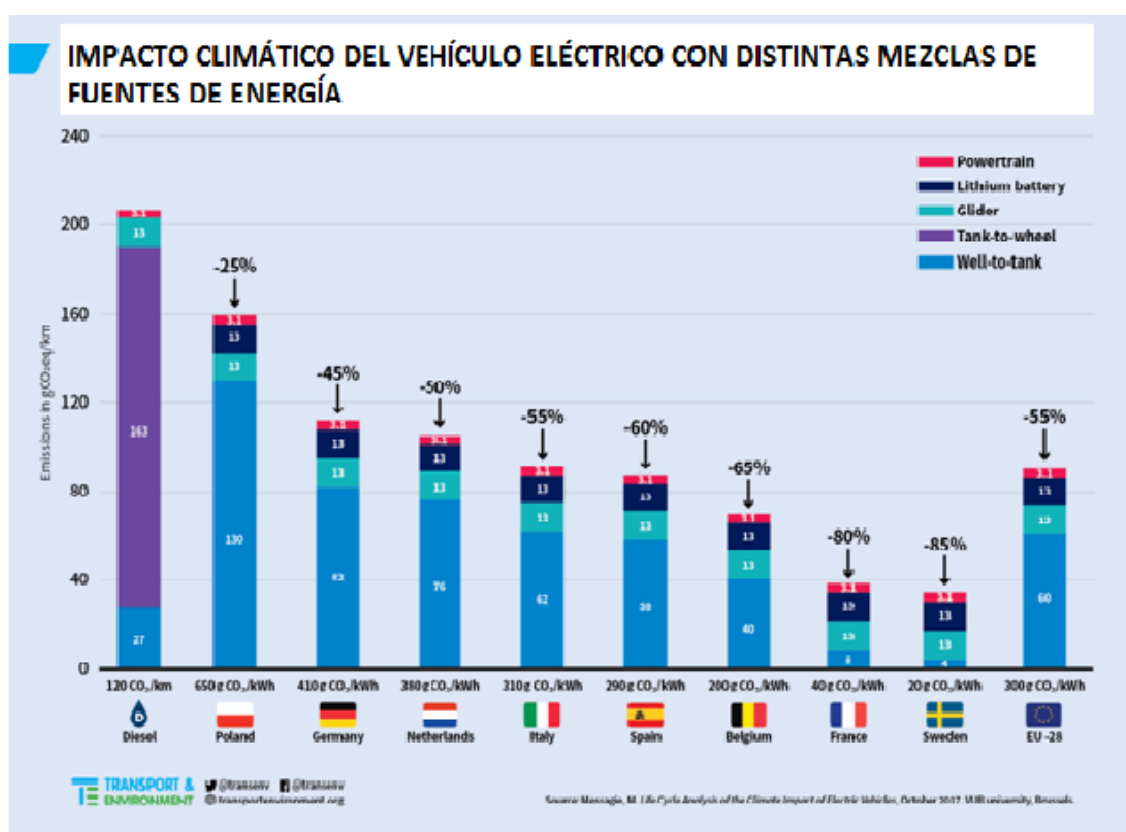


Fig. 85 Comparativa de la reducción de emisiones CO<sub>2</sub> del coche eléctrico en relación al diesel, en función del porcentaje de generación renovable en la producción eléctrica de cada país. ) <http://forococheelectricos.com/> [21]

El informe evidencia que con el avance de las renovables previsto en Europa para el año 2030, el eléctrico como media implica el 55% menos de emisiones que un diesel [20].

En la medida que la tecnología posibilite incrementar las renovables en el mix de generación eléctrica y que al finalizar la vida útil de las baterías del VE éstas puedan utilizarse como sistemas de almacenamiento, la ventaja del VE se acrecienta [20].

España tiene un gran potencial en energías renovables pese a que el gobierno no ha hecho una gran apuesta por estas fuentes y la sequía tampoco ha favorecido; aún así, la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> que supone el VE frente al diesel se sitúa en el 60%, conforme el precitado estudio.

En 2017 la generación de electricidad mediante fuentes renovables logró el 33,7%, la procedente del carbón fue del 14,7% y la de origen nuclear el 24,9%. En marzo de 2018 se alcanzó una importantísima generación de origen eólico e hidráulico con motivo de la situación climatológica [21].

En relación a las ventajas del VE hay que considerar otros factores como que, las emisiones que se generan al producir electricidad se efectúan en sitios lejanos a los entornos urbanos porque las centrales están apartadas de las ciudades; por el contrario, las emisiones de los vehículos de combustión interna tienen lugar principalmente en núcleos de gran densidad de población. Otro aspecto a tener en cuenta es que los vehículos diesel además de emitir CO<sub>2</sub> también expulsan otras partículas que perjudican a todos los seres vivos.

Es cierto que las baterías del VE son contaminantes y suponen un problema una vez que ha finalizado su vida útil, pero no es comparable en términos de emisiones. Hay países como China que están estudiando soluciones para su reciclaje.

## **6.4.- EL COCHE ELÉCTRICO Y SU ARMONIZACIÓN CON EL SISTEMA ELÉCTRICO**

Vamos a analizar distintos aspectos que influyen en la armonización del vehículo eléctrico y el sistema eléctrico y las ventajas que puede aportar el vehículo eléctrico al mismo si la recarga se realiza adecuadamente y las tecnologías permiten avanzar en el almacenamiento de energía eléctrica.

### **6.4.1.- Recarga lenta nocturna: mejora la eficiencia del sistema eléctrico**

La situación ideal para el sistema eléctrico es que demanda y oferta fueran lo más iguales posibles a lo largo del día y la curva de la demanda se aplanase.

Son numerosos los expertos que consideran que la expansión de la movilidad eléctrica será una magnífica oportunidad para mejorar la eficiencia del sistema eléctrico además de reducir



la dependencia que España y otros países no productores de petróleo tiene en relación a los países productores.

Será preciso un cambio de hábitos y una concienciación de los usuarios del VE para que se adapten a realizar la recarga de forma inteligente, lenta y nocturna, en las horas más excedentarias de energía. El VE debe ser un coche conectado a la red de forma que reciba de ésta la información necesaria para conectarse a las horas de menor demanda y conseguir la energía más barata [18].

En la siguiente imagen se observa cómo podría afectar la recarga inteligente del VE a la curva de la demanda de energía eléctrica, si ésta se realiza adecuadamente en horas valle.



Fig. 86 Aplanamiento de la curva de la demanda, con la recarga nocturna del VE. Fuente <http://www.ree.es/es/> [18]

Si el vehículo se recarga en horas punta, favorece los picos de demanda, que encarecen el precio porque tienen que trabajar las centrales que son más caras y contaminantes, originando desequilibrios. Es por ello que sólo deberían efectuarse en horas diurnas algunas recargas imprescindibles y rápidas, las denominadas “recargas de ocasión” [18].



Fig. 87 La recarga en horas punta genera ineficiencias en la curva de la demanda. Fuente <http://www.ree.es/es/> [18]

Se requiere que el usuario del VE tome conciencia de estas circunstancias que además le reportará grandes beneficios porque recargar en horario súper valle es mucho más barato, como media puede ser un euro cada cien Km (apenas supone 3,68 KW de potencia). No es ventajosa la recarga rápida porque requiere la contratación de mayor potencia, y la tarifa mensual se incrementaría mucho para efectuar idéntico consumo; se elevaría a una media de 6 euros/100 Km [18].

Se están perfeccionando los sistemas de recarga inteligente V2G que cargan el VE en las horas en las que la electricidad es más barata y que posibilitan devolver la energía eléctrica a la red si ésta lo requiere compensando económicamente al consumidor. Las compañías eléctricas están trabajando en estas fórmulas que también precisarían una normativa reguladora [18].

#### **6.4.2.- El vehículo eléctrico como solución de almacenamiento de energía eléctrica.**

Anteriormente se ha explicado la dificultad existente para almacenar la electricidad, que exige la planificación constante de su producción en función de la demanda prevista.

Es un reto lograr sistemas de almacenamiento de energía eléctrica, y uno de ellos puede ser el VE con la tecnología V2G (*“vehicle to grid,”* o vehículo conectado a la red) que posibilitaría efectuar la recarga inteligente y lenta por la noche y devolver la electricidad a la vivienda en las horas de máxima demanda con la electricidad más cara, o cuando hubiese cortes de suministro.

El VE se convertiría en un sistema reversible de almacenamiento de electricidad, con una alta conexión con la red [18].

Hay importantes aspectos que mejorar para que esta posibilidad llegue a ser una realidad porque actualmente las baterías ven reducida su vida útil por desgaste y son muy caras. Por otra parte tendría que ser objeto de regulación legal.

#### **6.4.3.- Crecimiento del parque automovilístico del VE y la capacidad de suministro del sistema eléctrico.**

REE mantiene que en el corto plazo, el sistema eléctrico sin realizar inversiones adicionales y en las condiciones actuales, podría atender la demanda de electricidad del VE si éste alcanzase la cuota de una cuarta parte del parque móvil, utilizando una recarga inteligente. Directivos de Endesa han ido más allá afirmando que podría aprovisionarse al parque móvil actual si fuese cien por cien eléctrico (28 millones de vehículos) siempre que la recarga fuese en horas valle, de no ser así la red se colapsaría [24].

España dispone de una infraestructura eléctrica con una potencia instalada de 106 teravatios por lo que potencialmente puede incrementar la producción de energía en 40% o 60% sobre la actual [24].

Actualmente en nuestro país el consumo de energía eléctrica sólo es el 20% de la energía primaria total consumida, y de ella, en torno al 14% proviene de combustibles fósiles y el 25% del gas natural. El dato es muy importante porque de la energía total que se consume, el 40%

se destina al transporte, que supone el 67% del combustible fósil que se emplea. Endesa y Euroelectric elaboraron en 2015 un estudio en el que se concluía que si el parque móvil fuese 100% eléctrico sólo consumiría el 19% de la electricidad producida en España. [24].

La Agencia Internacional de la Energía (IEA) ha hecho pública la capacidad mundial de asumir un parque móvil como el actual (1.200 millones de vehículos) si fuese totalmente eléctrico. Para alcanzar esta conclusión se han considerado que de media un vehículo se desplazase 13.000 Km/año, con un consumo medio de 0,18KW/h. El consumo total sería el 10% de la electricidad utilizada en 2016 a nivel mundial [24]

En un rango de datos similar, la Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA) estima que con el 80% del parque eléctrico se dedicaría al mismo el 9,49% (en España, el 8,1%) de la electricidad producida. Recomendaría elevar la producción 150 gigavatios en la Unión Europea y destinar fondos para las redes eléctricas [24].

## **CAPÍTULO 7.- COMPARATIVA DEL RENDIMIENTO ECONÓMICO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO Y EL DE COMBUSTIÓN INTERNA. *STAKEHOLDERS* EN RELACIÓN AL DESPEGUE DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO Y ANÁLISIS DAFO DE SU SITUACIÓN ACTUAL**

### **7.1.- COMPARATIVA DEL RENDIMIENTO ECONÓMICO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO Y DEL VEHÍCULO DE COMBUSTIÓN INTERNA**

En el presente capítulo se va a efectuar un estudio personalizado del rendimiento económico general de un mismo modelo de vehículo, en sus versiones de eléctrico puro, híbrido enchufable, combustión interna de gasolina y diesel.

Para ello partiremos de un conjunto de presupuestos que a continuación se exponen: Se opta por hacer el estudio con el modelo Volkswagen Golf porque su línea es básicamente idéntica en sus cuatro versiones y es un coche de tamaño medio, que puede ser potencialmente utilizado en ciudad y en carretera. En concreto se comparan:

- E- Golf (100KW de potencia, con autonomía de 300 km), eléctrico puro. Precio comercial de adquisición 38.425 euros).
- Golf GTE (150 KW de potencia combinada, autonomía en modo eléctrico de 50 km), híbrido enchufable de gasolina. Precio comercial de adquisición 40.250 euros.
- Golf Advance 1.4 TSI (92 KW de potencia), motor de combustión interna de gasolina. Precio comercial de adquisición 22.835 euros.
- Golf Advance 1.6 TDI (110 KW de potencia), motor de combustión interna de gasoil. Precio comercial de adquisición 28.665 euros.

Se realiza el análisis durante 300.000 kilómetros, considerando que el vehículo recorre 312,5 Km/semana (redondeamos a efectos de cálculos de consumo de energía a 300 Km/semana en todos los supuestos), por lo que se estima que cada dos años recorre 30.000 km. La comparativa se extiende a veinte años. Se elige esta equivalencia de 30.000 Km= dos años, porque es la más adecuada para analizar el costo de los mantenimientos y recambios de piezas que precisan los vehículos. Todos los modelos comparados son en versión de tracción delantera y automáticos.

PRESUPUESTOS DEL ANÁLISIS COMPARATIVO DEL RENDIMIENTO ECONÓMICO					
MODELOS A COMPARAR. Golf (Volkswagen)					
Modelos	Versión	Potencia	Autonomía (eléctricos)	Precio adquisición	Consumo medio a los 100km
E -golf	Eléctrica BHEV	100 KW	300 Km-	38.425 € (5.500€ ayudas)	12,7 KWh
Golf GTE	Híbrido enchufable Gasolina	150 KW	50 Km	40.250€	1,6 l 11,4 KWh
Golf Advance 1.4 TSI	Cl. gasolina	92 KW		22.835€	5,3l
Golf Advance 1.6 TDI	Cl diesel	110 KW		28.665€	4,3l
<b>Simulación de 300.000km /20 años de vida útil ---- 30.000Km/ 2 años.</b>  312, 5 Km semana. Se redondean cálculos de consumo de energía en todos los casos a 300Km/semana.					

Tabla 6 Presupuestos de los que parte la simulación de rendimiento económico. Elaboración propia.

Se va a considerar que los veinte años es la vida útil del vehículo y que en ellos queda amortizado.

Para efectuar el estudio se comprenden distintos aspectos, y respecto de cada uno de ellos se establecen presupuestos de partida. Estos aspectos son:

- Precio de adquisición.
- Gastos de su mantenimiento y recambios.
- Impuestos y tasas.
- Gasto de la energía consumida por cada modelo.

Finalmente se realiza una simulación de los costes de movilidad en que se puede incurrir a lo largo de ese período de 20 años si elegimos la opción de no disponer de vehículo en propiedad, partiendo de determinados postulados.

### 7.1.1.-Precio de adquisición

Los precios de adquisición serían los siguientes:

PRECIO DE ADQUISICIÓN DE CADA MODELO DE GOLF	
MODELO	PRECIO DE ADQUISICIÓN
E-Golf <b>38.425 € - 5.500 € de ayuda pública</b>	<b>32.925€</b>
Golf GTE	<b>40.250 €</b>
Golf Advance 1.4 TSI	<b>22.835€</b>
Golf Advance 1.6 TDI	<b>28.665 €</b>

Tabla 7 Precios de adquisición de las distintas versiones del Golf que se consideran en el análisis. Elaboración propia

El precio de adquisición más elevado de estas versiones del Golf corresponde al híbrido, que alcanza los 40.250 euros y está motivado en que aúna dos tecnologías diferentes. Le sigue en precio de adquisición el E-Golf, que alcanza los 38.425 euros. Ya se ha analizado que son más caros los modelos eléctricos que los de combustión interna porque el precio de las baterías continúa siendo muy alto y se están amortizando las inversiones efectuadas en esta nueva tecnología; no obstante, los expertos consideran que en cinco años aproximadamente los precios de adquisición confluirán. El precio de compra del diesel es superior al de gasolina, porque su motor es más complejo y su fabricación más costosa.

Se adquiere el modelo eléctrico cuando se publique un plan de ayudas públicas, al objeto de obtener la subvención correspondiente. Teniendo en cuenta la regulación del último plan de ayudas, el Plan Movalt, se obtendría una subvención de 5.500 euros que se descuenta a efectos de cálculo, fijando el precio del E-Golf en 32.925 euros. El Plan Movalt destinaba al

híbrido enchufable con autonomía de 50 Km en modo eléctrico una subvención de 2.600 euros, supeditada a que el precio de adquisición del vehículo no superase los 38.720 euros (32.000 euros antes de impuestos) y en ese rango de precio no se encuentra el Golf GTE. La diferencia en el precio es poco significativa y es probable que algún concesionario pudiera vender el modelo híbrido dentro de la horquilla que le permitiese obtener la ayuda; no obstante, dado que inicialmente no se accedería a ella y a que la cantidad subvencionada es menos de la mitad de la que se concede al E-Golf, se opta por no incluirla en el análisis.

### 7.1.2.-Mantenimiento

El mantenimiento del e-Golf es significativamente inferior al de las otras tres versiones, en concreto un 34,62 % más barato (hay quienes señalan que la diferencia alcanza hasta el 42%, pero en el caso analizado y con precios de mantenimiento oficial de taller Volkswagen resultaría el porcentaje señalado). Los elementos principales que precisan mantenimiento según las distintas versiones del Golf se presentan a continuación.

	VEHÍCULO ELÉCTRICO	VEHÍCULO DE C.I
Aceite motor	✓	X
Caja de cambios	✓	X
Filtro de aceite	✓	X
Filtro de aire	✓	X
Filtro de carburante	✓	X
Filtro del habitáculo	X	X
Líquido de frenos	X	X
Líquido de refrigeración	X	X
Control y nivel refrigerante	Cada 6 años	X
Control sistema de frenos	X	X
Comprobación calculadoras	X	✓
Batería 12 V	En uso	En uso

Tabla 8 Comparativa de mantenimiento en el VE y el de CI. <https://corrienteelectrica.renault.es/comparativa-mantenimiento-coche-electrico-frente-coche-termico/> [32]



Esta diferencia en costos de mantenimiento se debe a que los VE puros son más simples, tienen menos elementos (carecen de filtros, correa de distribución, caja de cambios, embrague, bielas, bujías, etc.); el mecanismo no se ensucia por el carburante y el desgaste de piezas es mucho menor. Todo ello redunda en que sean más robustos y además tengan menos probabilidades de averías.

El mantenimiento del híbrido plantea mayor incertidumbre, debido a que al disponer de ambas tecnologías cabe mayor variación en función del mayor uso que se haga de una u otra.

Al objeto de efectuar este análisis, se han considerado para todos los modelos las instrucciones del taller técnico oficial <https://calculatumantenimiento.volkswagen.es/> en cuanto a revisiones, elementos y precios, como a continuación se expone:

- I. **En todos los modelos, el mantenimiento incluye la inspección técnica y el cambio de filtros de polvo y polen.** El cambio de filtros de polvo y polen lo vamos a realizar cada 60.000 kilómetros (cuatro años) y la inspección técnica cada 30.000 Km (cada dos años). Se observa que el precio de la inspección es muy inferior en el modelo eléctrico (80 euros/año) frente a los otros modelos (215 euros y cada cuatro años 75 euros).

- En la inspección técnica de la versión eléctrica se incluyen los siguientes aspectos:

ELEMENTOS QUE SE INCLUYEN EN LA INSPECCIÓN TÉCNICA DEL VE
Mano de obra
Diagnóstico electrónico.
Revisión del aceite del motor.
Revisión de los puntos de control especificados por el fabricante.
Verificación, ajuste o engrasado de los siguientes elementos: batería, alumbrado delantero, trasero y reglaje de faros; iluminación interior, sistema de limpiaparabrisas y lavafaros, techo corredizo, test de corrosión de carrocería, detección de daños en el parabrisas y las lunas, neumáticos.
Revisión visual del motor y de los componentes.
Comprobación del sistema de suspensión y dirección.

Comprobación del sistema de gases de escape.
Comprobación cable de carga y nivel de carga de la batería de alto voltaje.
Comprobación visual de tomas de corriente de alto voltaje.
Comprobación del sistema de frenos, grosor de las pastillas y estado de los discos de freno.
Líquido de protección anticongelante limpiaparabrisas.
Recorrido de prueba.

**Tabla 9 Elementos que se incluye en la inspección técnica del VE. Pág. Web de mantenimiento de Volkswagen. Elaboración propia.**

- En la inspección técnica de los modelos de combustión interna, se revisan los elementos siguientes:

<b>ELEMENTOS QUE SE INCLUYEN EN LA INSPECCIÓN TÉCNICA DEL VEHÍCULO DE C.I</b>
Mano de obra.
Revisión de los puntos de control especificados por el fabricante.
Cambio de filtro de aceite.
Cambio de Aceite Original
Verificación, ajuste o engrasado de los siguientes elementos: batería, alumbrado delantero, trasero y reglaje de faros, sistema limpiaparabrisas y lavafaros, detección de daños en el parabrisas y las lunas, neumáticos.
Comprobación visual del motor y la caja de cambios.
Comprobación del sistema de frenos, grosor de las pastillas y estado de los discos de freno.
Líquido de protección anticongelante limpiaparabrisas.

Líquido del sistema de refrigeración.
Recorrido de prueba.

Tabla 10 Elementos que se incluye en la inspección técnica del vehículo de CI. Pág. Web de mantenimiento de Volkswagen. Elaboración propia.

**II. Como elementos de desgaste habitual del coche comunes a todas las versiones, se encuentran:**

ELEMENTOS DE DESGASTE HABITUAL COMUNES A TODAS LAS VERSIONES DEL GOLF
Los cambios de pastilla de freno delanteras cada 60.000 Km.
Los cambios de pastilla de freno traseras cada 90.000 Km.
La sustitución de las escobillas limpiaparabrisas en dos ocasiones durante los 300.000 Km estimados.
Cambio de líquidos de freno cada 60.000 Km.

Tabla 11 Elementos de desgaste habitual de todas las versiones del Golf. Pág. web de mantenimiento de Volkswagen. Elaboración propia.

Los tiempos de sustitución de estos elementos son comunes a todas las versiones del golf, y los precios sólo varían en las pastillas de freno delanteras y traseras, que son ligeramente más elevadas en el modelo eléctrico (180 euros y 135 euros respectivamente frente a los 165 euros y 120 euros en los modelos de CI). Hemos considerado el híbrido como CI a estos efectos.

No se ha considerado el cambio de la pequeña batería porque además de ser común a todos los modelos, no hay uniformidad en cuanto a qué años de vida útil tiene y su precio de reposición puede variar mucho según marcas.

**III. Entre los elementos de desgaste habitual del coche que afectan a los modelos de CI y al híbrido, y de los que prescinde el VE puro, se consideran:**

ELEMENTOS DE DESGASTE HABITUAL COMUNES A LOS MODELOS DE CI Y AL HÍBRIDO
Cambio de de aceite de DSG, que supone 240 euros cada 60.000 Km (cuatro años).
Cambio de filtro de combustible, que lo realizaremos cada 90.000 km, y asciende a 75 euros.
Cambio de aire, también cada 90.000 km, y cuesta 40 euros.
Cambio de la correa de distribución, que lo vamos a realizar en dos ocasiones en estos veinte años (300.000 Km), y cuyo precio asciende a 625 euros en cada ocasión.
Cambio de discos, que se hará cada 90.000 km, y que supone 490 euros.
Cambio de bujías cada 60.000 Km se ha considerado en los modelos de gasolina e híbrido, y su precio asciende a 105 euros.

Tabla 12 Elementos de desgaste habitual en los modelos de CI e híbrido. Pag. web mantenimiento de Volkswagen. Elaboración propia

Del resultado global de los mantenimientos se obtiene que el más económico con mucha diferencia es el eléctrico, con un resultado de 2.455 euros a lo largo de los veinte años, frente a los 7.770 euros del modelo diesel y los 8.070 euros del gasolina y el híbrido; estos últimos se incrementan algo más en relación al diesel por el cambio de bujías.

Modelos de Golf	Coste de mantenimiento
E golf	<b>2.445€</b>
Golf GTE	<b>8070€</b>
Golf Advance 1.4 TSI	<b>8.225€</b>
Golf Advance 1.6 TDI	<b>7770 €</b>

Tabla 13 Coste total de los mantenimientos y cambio de piezas de las distintas versiones del golf que se consideran en el análisis. Elaboración propia

Parece necesario preguntarse si en estos 300.000 Km, 20 años, la batería del coche eléctrico se mantiene en servicio o por el contrario su vida útil no es tan prolongada. En dicho caso habría que estimar el gasto que supondría cambiar la misma que asciende a 5.000 o 6.000 euros.

¿Cuál es la vida útil de las baterías del vehículo eléctrico? es una información muy relevante que es preciso tener en cuenta. Se han contrastado este aspecto en varios foros tecnológicos especializados [3] [21] y todos los estudios apuntan a que las baterías del coche eléctrico se degradan entorno al 5% al recorrer 150.000 Km y que a partir de estos kilómetros recorridos, la degradación es más suave. Por consiguiente, perfectamente pueden mantenerse en servicio incluso por encima de los veinte años y más de 300.000 Km, con alguna pérdida de autonomía aceptable.

Actualmente las baterías están soportando 3.000 ciclos de recarga completa sin perder ninguna prestación y se recomienda para un mejor resultado no dejar bajar el nivel de carga del 20%.

Hay que destacar sin embargo que la vida de las baterías pueda variar en función de distintas circunstancias tales como la que hemos señalado. No debe bajar el nivel de carga por debajo del 20%, las temperaturas que tenga que soportar la batería no deben ser extremas dado que el calor perjudica notablemente (aunque las nuevas baterías refrigeradas por líquido, suponen una gran mejora). Las temperaturas muy bajas también afectan aunque en menor medida que el calor.

El estudio es realizado con los datos actuales, pero las innovaciones constantes en las baterías auguran mejoras en sus prestaciones y durabilidad.

En base a estas circunstancias, se concluye que no es preciso incluir el cambio de baterías en el análisis.

### **7.1.3.-Impuestos y tasas**

A todos los efectos de este estudio se considera que el coche se matricula en Madrid capital. Conforme la página de Hacienda para 2018, <https://www.dieselogasolina.com/calcular-impuesto-matriculacion-coche-moto-hacienda.html>, en función de las emisiones de CO2 que emiten las distintas versiones, precio del vehículo y su potencia fiscal, ninguno de los modelos estaría sujeto al impuesto de matriculación.

IMPUESTOS Y TASAS			
Modelos de Golf	IMPUESTO DE MATRICULACIÓN	IMPUESTO DE CIRCULACIÓN	APARCAMIENTO ZONA SER Zona azul
E -golf	–	32,25€/año	
Golf GTE	–	32,25€/año	
Golf Advance 1.4 TSI	–	129€/año	1,10€/1h
Golf Advance 1.6 TDI	–	129€/año	1,10€/1h
El impuesto de circulación en Madrid para modelos eléctricos e híbridos enchufables, tiene una bonificación en la cuota de 75%. Todos los modelos están exentos de impuesto de matriculación.			
Se considera la tarifa de 1 hora en zona azul, y se partirá a efectos de cálculo de que se hace un uso de 8 horas a la semana. Están exentos de abonar esta tasa los vehículos eléctricos puros y los híbridos enchufables.			

**Tabla 14 Premisas consideradas para calcular el gasto en impuestos y tasas en las distintas versiones del golf.**  
Elaboración propia

Respecto del impuesto de circulación, con las mismas premisas, considerando la potencia fiscal y el modelo, estarían sujetos a un impuesto de circulación anual de 129 euros. Existen bonificaciones en la cuota del impuesto en función del carburante utilizado, las características del motor y la incidencia en el medio ambiente; por estas circunstancias, tanto el modelo eléctrico como el híbrido, tendrían una reducción anual constante a lo largo del tiempo del 75% en la cuota, por lo que abonarían 32, 25 euros/año en concepto de impuesto de circulación. Estas cuantías económicas se han obtenidos de la página del portal del contribuyente de Madrid, normativa de 2018 <http://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/Actividad-economica-y-hacienda/Impuesto-sobre-Vehiculos-de-Traccion-Mecanica-IVTM>.

También se ha estimado que los vehículos harán un uso medio de estacionamiento en zona SER (Zona de Estacionamiento Regulado) de 8 horas semanales. Conforme los datos del portal

del Ayuntamiento de Madrid las tarifas de estacionamiento en zona SER varían según el tiempo de permanencia, el tipo de zona (azul, verde, zona de baja emisiones, etc.) y otras consideraciones (vecino con empadronamiento en una zona, comercial...).

Se opta por tomar de referencia la tarifa de 1 hora en zona azul que es de 1,10 euros, que conlleva un coste económico cada dos años de 844,80 euros para los dos modelos de combustión interna, que ascendería a 8.448 euros en veinte años; mientras que el VE y el híbrido están exentos si solicitan gratuitamente la autorización de CERO EMISIONES, que se aplica en zona verde y azul de la SER y permite el estacionamiento sin coste alguno y sin limitación temporal. En los episodios de contaminación el E-Golf y el Golf GTE ofrecerían además la gran ventaja de poder acceder a Madrid sin restricciones actuales y no tendrían problemas a futuro para su circulación en zonas residenciales de la ciudad.

En total se observa en este apartado que todas las versiones del Golf que estudiamos están exentas del impuesto de matriculación. El modelo eléctrico y el híbrido, a lo largo de veinte años, en concepto de impuestos y tasas sólo tendrían un gasto de 645 euros motivado por el abono del impuesto de circulación, frente a los modelos de combustión interna que tendrían un gasto de 2.580 euros por ese mismo impuesto y de 8.448 euros en concepto de aparcamiento en la zona SER. Conforme los antecedentes planteados, el gasto en impuestos y tasas ascendería a 11.028 euros a lo largo de los veinte años.

Gasto total en impuestos y tasas durante los 20 años			
Modelos de Golf	IMPUESTO DE CIRCULACIÓN (20 AÑOS)	APARCAMIENTO ZONA SER Zona azul (20 AÑOS)	GASTOS TOTALES (20 AÑOS)
E-Golf	645€/año	—	645€
Golf GTE	645€/año	—	645€
Golf Advance 1.4 TSI	2.580€/año	8.448€	11.028€
Golf Advance 1.6 TDI	2.580€/año	8.448€	11.028€

Tabla 15 Gastos totales en impuestos y tasas en las distintas versiones del Golf. en veinte años objeto del análisis. Elaboración propia

### 7.1.4.-Combustible

Se analiza el tipo de energía que mueve a cada uno de estos vehículos, su consumo medio conforme la página oficial de Volkswagen y el precio de cada energía en un determinado día, en concreto se efectúa el cálculo considerando datos del día 24 de marzo de 2018. Se constata que esta partida de gasto depara diferencias muy sustanciales en el rendimiento económico de las cuatro versiones de Golf.

CONSUMO MEDIO DE ENERGÍA Y PRECIO DE LA ELECTRICIDAD Y EL COMBUSTIBLE			
Modelos de Golf	CONSUMO A los 100 Km	PRECIO ELECTRICIDAD. PVPC	PRECIO COMBUSTIBLE Gasolina/gasoil
E-Golf	12,7 KWh	0,051€/KWh	–
Golf GTE (gasolina)	1,6 l 11,4 KWh	0,051€/KWh	1,4 €/l
Golf Advance 1.4 TSI	5,3l	–	1,4 €/l
Golf Advance 1.6 TDI	4,3l	–	1,25€/l
<p>Precio de electricidad es el precio máximo regulado para el pequeño consumidor – PVPC- del día 24 de marzo de 2018 tarifa súper valle del VE.</p> <p>Gasolina sin plomo 98, precio de comercializadora para el día 24 de marzo de 2018</p> <p>Gasoil A +, precio de comercializadora para el día 24 de marzo de 2018</p>			

**Tabla 16 Consumo medio de energía de las distintas versiones del Golf, y precios considerados en el estudio de la energía eléctrica, del gasoil A+ y la gasolina sin plomo 98 para el día 24 de marzo de 2018. Elaboración propia**

El E-Golf tiene un consumo medio de 12,7 KWh/100 Km y se ha tomado como referencia el precio de la electricidad de la tarifa súper-valle del vehículo eléctrico para el día 24 de marzo de 2018 de la página oficial de OMIE, <http://www.omie.es/inicio>, que es de 0,051 euros el KWh. Es un precio especialmente favorable porque la electricidad en este mes de marzo se ha abarató gracias al incremento de producción de las energías renovables (eólica e hidráulica) con motivo de las condiciones climatológicas. Este precio de la tarifa súper-valle para el VE es



el Precio Voluntario al Pequeño Consumidor. Conforme al Real Decreto 216/2014 de 28 de marzo, el particular que tenga contratada una potencia máxima de 10 KW puede acogerse al mismo, y es publicado el día anterior por REE en su web y que por tanto es conocido previamente.

En el PVPC se puede tener o no discriminación horaria. Hay una tarifa general y una tarifa nocturna con dos períodos de discriminación y la tarifa súper valle para el VE, que es el precio que se ha tomado como referencia para el análisis. Se trata de un precio regulado y máximo para quienes se acojan voluntariamente a él, por lo que las comercializadoras no pueden incrementar estos precios a quienes han optado por este contrato. Esta contratación sólo pueden ofrecerla las denominadas comercializadoras de referencia (Iberdrola, Endesa, Gas natural, Viesgo, EDP, CHC, Teramelcor, y la Empresa de Alumbrado Eléctrico de Ceuta).

El pequeño consumidor puede elegir entre acogerse a este mercado regulado o a las tarifas libres que fijen las comercializadoras.

Fueron consultadas las páginas de algunas comercializadoras para ver ese día 24 de marzo que precios tenía la electricidad en la tarifa súper valle y algunas incluso tenían precios más baratos que el PVPC, por ejemplo Endesa ofrecía a 0,037 euros/KWh, pero en general las tarifas libres pueden ser más complejas y optamos por efectuar la comparativa ateniéndonos a este precio sujeto a regulación. Ello sin perjuicio de que la electricidad, como el combustible, tiene precios que oscilan (por ejemplo, el día 15 de abril de 2018, el precio regulado en la tarifa súper valle era de 0,062 euros/KWh).

Según la página oficial de Volkswagen el consumo medio de la versión Golf de gasolina es de 5,3 l/100 Km, y el de la versión Golf diesel de 4,30 l/100 Km. Los precios del combustible se han tomado de la página <http://www.dieselogasolina.com/> en el mismo día 24 de marzo de 2018, siendo el precio de la gasolina sin plomo 98 de 1,4 euros/l, y el del gasoil A + de 1,25 euros/l.

A su vez, el consumo del modelo de Golf híbrido, el GTE, es de 1,6 l de gasolina/100 Km y 11,4 KWh/100 Km. Para hacer un cálculo medio de consumo considerando ambas energías:

$1,6 \text{ l gasolina} / 100 \text{ Km} \times 1,4 \text{ euros/litro} = 2,24 \text{ euros}/100 \text{ Km}$

$11,4 \text{ KWh}/100 \text{ Km} \times 0,051 \text{ euros/KWh} = 0,5814 \text{ euros} / 100 \text{ Km}$

Media de coste de consumo =  $2,24 \text{ euros} + 0,5814 \text{ euros} = 2,82 \text{ euros}/100 \text{ Km}$

Al igual que ocurría en el mantenimiento, el consumo del Golf híbrido es el que mayor rango de variabilidad presenta pues dependerá mucho del modo en el que circule. Si el conductor no excede normalmente de los 50 Km/día de autonomía eléctrica, su consumo en energía será muy inferior al estimado, porque prácticamente sólo utilizará el motor de combustión interna en viajes más largos en momentos puntuales (vacaciones, fin de semana, etc.) y el gasto tendrá más similitud al de la versión eléctrica. Si por el contrario, supera diariamente estas distancias sin recargar, el consumo se aproximará más a los cálculos medios que hemos efectuado en los modelos de combustión interna.

En total las diferencias en coste de energía en las distintas versiones a lo largo de los 300.000 Km son muy importantes y muy ventajosas para el eléctrico puro y también para el híbrido.

GASTO EN ELECTRICIDAD/COMBUSTIBLE EN 300.000 km de cada modelo de Golf	
MODELOS	GASTO EN ENERGÍA
E- Golf	<b>1.943,10€</b>
Golf GTE	<b>8.464,2€</b>
Golf Advance 1.4 TSI	<b>22.260€</b>
Golf Advance 1.6 TDI	<b>16.125€</b>

Tabla 17 Consumo total de cada versión del Golf a los 300.000 Km en electricidad y combustible. Elaboración propia

### 7.1.5.- Sin coche en propiedad

Se procede a hacer una simulación de gastos de movilidad durante 20 años, viviendo en Madrid, sin disponer de coche en propiedad. Para ello hemos partido de una serie de premisas que a continuación se expondrán. Posteriormente se comparará con los resultados de movilidad disponiendo de vehículo en propiedad en sus distintas versiones, con la cautela de que los parámetros que se analizan en este caso no son homogéneos con los anteriores.

PRESUPUESTOS CONSIDERADOS PARA EFECTUAR LA ESTIMACIÓN DE COSTES DE LA MOVILIDAD SIN VEHÍCULO EN PROPIEDAD. RESULTADO A LOS VEINTE AÑOS		
Abono anual B3 CC.AA de Madrid. Familia de 2 adultos y un joven.	820€ /adulto/año 200€/joven/año	36.000€/20 años
Alquiler de coche	1.058€/año	21.160€/20 años
Carsharing	230,4€/año	4.608€/20 años
TOTALES		62.568€/20 años
Alquiler de coche de dos períodos vacacionales año, con reserva anticipada en Europcar. Precios ofrecidos el 24 de marzo de 2018		
Tarifa de Emov, para carsharing durante 20 minutos, 0,24€/minuto. Precio tomado el 24 de marzo de 2018		

Tabla 18 Presupuestos para el análisis de costes de movilidad sin vehículo en propiedad. Resultado final tras veinte años. Elaboración propia

Se trata de una familia compuesta por dos adultos y un niño de 14 años. Vamos a considerar que los tres miembros tienen un abono anual B3 de la Comunidad de Madrid, según tarifas oficiales obtenidas de la pág. <http://www.crtm.es/billetes-y-tarifas/billetes-y-abonos/abono-transportes/> supondría un coste anual de 820 euros para cada adulto y 200 euros para el hijo, y conllevaría anualmente un coste para las tres personas de 1.840 euros (se opta por esta estimación, aunque también podría decidirse considerar un solo individuo si se entiende que el disponer de un vehículo en propiedad no implica que pueda dar satisfacción a todos los miembros de la familia). El coste total en veinte años será de 36.800 euros.

Se presume que se alquila un coche dos veces al año para vacaciones; en concreto fijamos las fechas para los períodos de 24 de diciembre a 1 de enero de 2018 y de 3 a 12 de agosto de 2018. Para obtener un precio más reducido, se reserva en marzo de 2018 un Golf automático de 5 puertas (no tendremos en cuenta consumos ni peajes, que en el total no es una partida importante y es de difícil estimación).

Haciendo las reservas en Europcar el precio sería de 494,4 euros para el primer período y de 564,22 euros para el segundo período, ascendiendo a un total de 1.058,63 euros/año. Como de cara al gráfico comparativo de costos de disponer de vehículos en propiedad se toman referencias de dos años (como hemos explicado para ajustar los mantenimientos de los vehículos) la cantidad será 2.116,00 euros en dos años y el costo total en veinte años ascendería a 21.160 euros.

También se considera un uso semanal de 20 minutos de *carsharing* que con el precio de Emov de 0,24 euros/minutos <https://emov.es/documentos/Precios.pdf>, supondría un coste anual de 230,4 euros, cada dos años 460,8 euros y haría un total al cabo de veinte años de 4.608 euros. Examinando todos los conceptos, el coste total cada dos años asciende a 5.856, 80 euros y a lo largo de 20 años supone 62.568 euros.

No está considerado en el estudio que en general quien adquiere vehículo ha de disponer de garaje en propiedad o alquilado. Esto en el caso del eléctrico y el híbrido es una necesidad por la recarga y se incurre en este gasto que es muy importante, mientras que quien no tiene coche en propiedad no lo precisa y no asume este costo. Se opta por entender que esta circunstancia se equilibra o sopesa con otros aspectos, como la mayor disponibilidad de vehículo para quien lo posee y que disponer de garaje es tener un bien patrimonial.

Con los datos y presupuestos hasta aquí expuestos, en la sección siguiente se elaborarán tablas del rendimiento económico de cada uno de estas cuatro versiones del Golf, desde su adquisición hasta los 300.000 Km, considerando un análisis a lo largo de veinte años, que sería la vida útil del vehículo. Posteriormente se comparará el resultado con los datos económicos derivados de la opción de movilidad sin disponer de coche en propiedad en el mismo período.

### 7.1.5.- Tablas de rendimiento y conclusiones

	E-Golf(100Kw)											
		1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	Total	1-.	Servicio Inspección
kilometraje	Precio Inicial									32.925,00 €	2-.	Cambio líquido frenos
	30000 km	80 €						64,50	194,31 €	338,81 €	3-.	Cambio filtro polvo y polen
	60000 km	80 €	35 €	35 €	180 €			64,50	194,31 €	588,81 €	4-.	Cambio pastillas delanteras
	90000 km	80 €				135 €		64,50	194,31 €	473,81 €	5-.	Cambio pastillas trasera
	120000 km	80 €	35 €	35 €	180 €		50 €	64,50	194,31 €	638,81 €	6-.	Cambio limpiaparabrisa
	150000 km	80 €						64,50	194,31 €	338,81 €	7-.	Impuesto Circulación
	180000 km	80 €	35 €	35 €	180 €	135 €		64,50	194,31 €	723,81 €	8-.	Electricidad
	210000 km	80 €						64,50	194,31 €	338,81 €		
	240000 km	80 €	35 €	35 €	180 €		50 €	64,50	194,31 €	638,81 €		
	270000 km	80 €				135 €		64,50	194,31 €	473,81 €		
	300000 km	80 €	35 €	35 €	180 €			64,50	194,31 €	588,81 €		
	Total	800 €	175 €	175 €	900 €	405 €	100 €	645,00 €	1.943,10 €	38.068,10 €		
	Electricidad	194,31/2 años		0,051€/Kwh*12,7Kwh/100Km*30000/100			Tarifa súper valle (VE) 24-03-18: 0,051 €/kw					
	Precio Inicial	32.925,00 €		38.425 € -5.500 € de ayuda públicas								
	Precio Impuesto Circulación Madrid 2018					32,25€/año		75% descuento tarifa ordinaria				
Sin impuesto Matriculación												
Emisiones: 0gCo2/km												

Tabla 19 Tabla de rendimiento económico del E Golf en 300.000 Km- 20 años. Elaboración propia

	Golf GTE																
		1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	Total	1.-	Mantenimiento
	Precio Inicial	40.250,0 €														2.-	Líquido frenos
Kilometraje	30000 km	215 €											64,5 €	846,4 €	1.125,9 €	3.-	Cambio aceite DSG
	60000 km	215 €	35 €	240 €	35 €	105 €			165 €				64,5 €	846,4 €	1.705,9 €	4.-	Cambio aceite filtro y polen
	90000 km	215 €					40 €			120 €	490 €		64,5 €	846,4 €	1.775,9 €	5.-	Cambio bujías
	120000 km	75 €	35 €	240 €	35 €	105 €		625 €	165 €			50 €	64,5 €	846,4 €	2.240,9 €	6.-	Cambio filtro aire
	150000 km	215 €											64,5 €	846,4 €	1.125,9 €	7.-	Cambio correa distribución
	180000 km	215 €	35 €	240 €	35 €	105 €	40 €		165 €	120 €	490 €		64,5 €	846,4 €	2.355,9 €	8.-	Cambio pastillas delanteras
	210000 km	215 €											64,5 €	846,4 €	1.125,9 €	9.-	Cambio pastillas traseras
	240000 km	75 €	35 €	240 €	35 €	105 €		625 €	165 €			50 €	64,5 €	846,4 €	2.240,9 €	10.-	Cambio discos delanteros y traseros
	270000 km	215 €					40 €			120 €	490 €		64,5 €	846,4 €	1.775,9 €	11.-	Cambio limpiaparabrisas
	300000 km	215 €	35 €	240 €	35 €	105 €			165 €				64,5 €	846,4 €	1.705,9 €	12.-	Impuesto Circulación
	Total	1.870 €	175 €	1.200 €	175 €	525 €	120 €	1.250 €	825 €	360 €	1.470 €	100 €	645,0 €	8.464,2 €	57.429,2 €	13.-	Combustible
	30000Km=2años																
	Combustible	1,6L gasolina/100km*1,4E/L+11,4KWh/100km*0,051E/KWh=2,82E/100Km											24-03-18 precio gasolina y Electricidad				
	Precio Impuesto Circulación Madrid 2018									32,25/año			75% descuento tarifa ordinaria				
	Sin impuesto Matriculación																
	Emisiones: 12-11,4 gCo2/km																

Tabla 20 Tabla de rendimiento económico del Golf GTE en 300.000 Km- 20 años. Elaboración propia

Golf Advance 1.4TSI(92KW)																			
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	14º	15º	Total	1.-	Mantenimiento	
Kilometraje	Precio Inicial																22.835,00 €	2.-	Líquido de frenos
	30000 km	215 €										258 €	844,8 €	2.226,0 €		3.543,8 €	3.-	Cambio aceite DSG	
	60000 km	215 €	35 €	240 €	35 €	105 €			165 €			258 €	844,8 €	2.226,0 €		4.123,8 €	4.-	Cambio filtro aire y polen	
	90000 km	215 €					40 €			120 €	490 €	258 €	844,8 €	2.226,0 €	75,0 €	4.193,8 €	5.-	Cambio de bujías	
	120000 km	75 €	35 €	240 €	35 €	105 €		625 €	165 €			50 €	258 €	844,8 €	2.226,0 €		4.658,8 €	6.-	Cambio filtro aire
	150000 km	215 €											258 €	844,8 €	2.226,0 €		3.543,8 €	7.-	Cambio correa distribución
	180000 km	215 €	35 €	240 €	35 €	105 €	40 €		165 €	120 €	490 €		258 €	844,8 €	2.226,0 €	75,0 €	4.773,8 €	8.-	Cambio pastillas delanteras
	210000 km	215 €											258 €	844,8 €	2.226,0 €		3.543,8 €	9.-	Cambio pastillas delanteras
	240000 km	75 €	35 €	240 €	35 €	105 €		625 €	165 €			50 €	258 €	844,8 €	2.226,0 €		4.658,8 €	10.-	Cambio discos delanteros y traseros
	270000 km	215 €					40 €			120 €	490 €		258 €	844,8 €	2.226,0 €	75,0 €	4.193,8 €	11.-	Cambio limpiaparabrisas
	300000 km	215 €	35 €	240 €	35 €	105 €			165 €				258 €	844,8 €	2.226,0 €		4.123,8 €	12.-	Impuesto Circulación
	Total	1.870 €	175 €	1.200 €	175 €	525 €	120 €	1.250 €	825 €	360 €	1.470 €	100 €	2.580 €	8.448,0 €	22.260,0 €	225,0 €	64.193,0 €	13.-	Aparcamiento zona SER
	30000Km=2años																		14.-
Aparcamiento Hora	844,8E/2 años			1,1€*8h/semana*4semanas/mes*12meses*2años													15.-	Cambio filtro aire	
Combustible	2226E/2 años			1,25€/L*5,30L/100Km*30000/100								Precio Gasolina 24 marzo 2018 = 1,40E/L							
Precio Impuesto Circulación Madrid 2018									129€/año										
Sin impuesto Matriculación																			
Emisiones: 111gCo2/km																			

Tabla 21 Tabla de rendimiento económico del Golf Advance 1.4 TSI en 300.000 Km- 20 años. Elaboración propia

	Golf Advance 1.6TDI(110KW)																	
		1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	14º	Total	1.-	Mantenimiento
	Precio Inicial															28.665,00 €	2.-	Líquido de frenos
Kilometraje	30000 km	215 €											258 €	844,80 €	1.612,50 €	2.930,30 €	3.-	Cambio aceite DSG
	60000 km	215 €	35 €	240 €	35 €				165 €				258 €	844,80 €	1.612,50 €	3.405,30 €	4.-	Cambio aceite aire y polen
	90000 km	215 €				75 €	40 €			120 €	490 €		258 €	844,80 €	1.612,50 €	3.655,30 €	5.-	Cambio filtro combustible
	120000 km	75 €	35 €	240 €	35 €			625 €	165 €			50 €	258 €	844,80 €	1.612,50 €	3.940,30 €	6.-	Cambio filtro del aire
	150000 km	215 €											258 €	844,80 €	1.612,50 €	2.930,30 €	7.-	Cambio correa distribución
	180000 km	215 €	35 €	240 €	35 €	75 €	40 €		165 €	120 €	490 €		258 €	844,80 €	1.612,50 €	4.130,30 €	8.-	Cambio pastillas delanteras
	210000 km	215 €											258 €	844,80 €	1.612,50 €	2.930,30 €	9.-	Cambio pastillas traseras
	240000 km	75 €	35 €	240 €	35 €			625 €	165 €			50 €	258 €	844,80 €	1.612,50 €	3.940,30 €	10.-	Cambio discos delanteros y traseros
	270000 km	215 €				75 €	40 €			120 €	490 €		258 €	844,80 €	1.612,50 €	3.655,30 €	11.-	Cambio escobillas delanteras
	300000 km	215 €	35 €	240 €	35 €				165 €				258 €	844,80 €	1.612,50 €	3.405,30 €	12.-	Impuesto Circulación
	Total	1.870 €	175 €	1.200 €	175 €	225 €	120 €	1.250 €	825 €	360 €	1.470 €	100 €	2.580 €	8.448 €	16.125 €	63.588,00 €	13.-	Aparcamiento zona SER
	30000Km=2años															14.-	Combustible	
	Aparcamiento Hora	844,8E/2 años			1,1€*8h/semana*4semanas/mes*12meses*2años													
	Combustible	1612,5E/2 años			1,25€/L*4,30L/100Km*30000/100								Precio Diesel A+ 24 marzo 2018 = 1,25E/L					
	Precio Impuesto Circulación Madrid 2018									129€/año								
	Sin impuesto Matriculación																	
	Emisiones: 111gCo2/km																	

Tabla 22 Tabla de rendimiento económico del Golf Advance 1.6 TDI en 300.000 Km- 20 años. Elaboración propia



	Sin Coche en Propiedad				
	Bono Transporte familia	Alquiler de coche	Carsharing	Totales	Acumulado
2 años	3.680,00 €	2.116,00 €	460,80 €	6.256,80 €	5.856,80 €
4 años	3.680,00 €	2.116,00 €	460,80 €	6.256,80 €	12.513,60 €
6 años	3.680,00 €	2.116,00 €	460,80 €	6.256,80 €	18.770,40 €
8 años	3.680,00 €	2.116,00 €	460,80 €	6.256,80 €	25.027,20 €
10 años	3.680,00 €	2.116,00 €	460,80 €	6.256,80 €	31.284,00 €
12 años	3.680,00 €	2.116,00 €	460,80 €	6.256,80 €	37.540,80 €
14 años	3.680,00 €	2.116,00 €	460,80 €	6.256,80 €	43.797,60 €
16 años	3.680,00 €	2.116,00 €	460,80 €	6.256,80 €	50.054,40 €
18 años	3.680,00 €	2.116,00 €	460,80 €	6.256,80 €	56.311,20 €
20 años	3.680,00 €	2.116,00 €	460,80 €	6.256,80 €	62.568,00 €
Total	36.800,00 €	21.160,00 €	4.608,00 €	62.568,00 €	

Tabla 23 Tabla de rendimiento de la opción de movilidad sin coche en propiedad. Elaboración propia

Del análisis de las tablas de rendimiento obtenidas en cada uno de los supuestos analizados, los datos globales son los siguientes:

	Gasolina	Diesel	Eléctrico	Híbrido	Sin coche en propiedad
0km	22.835,00 €	28.665,00 €	32.925,00 €	40.250,00 €	0,00 €
30000km	26.378,80 €	31.595,30 €	33.263,81 €	41.375,92 €	5.856,80 €
60000km	30.502,60 €	35.000,60 €	33.852,62 €	43.081,84 €	12.513,60 €
90000km	34.696,40 €	38.655,90 €	34.326,43 €	44.857,76 €	18.770,40 €
120000km	39.355,20 €	42.596,20 €	34.956,24 €	47.098,68 €	25.027,20 €
150000km	42.899,00 €	45.526,50 €	35.304,05 €	48.224,60 €	31.284,00 €
180000km	47.672,80 €	49.656,80 €	36.027,86 €	50.580,52 €	37.540,80 €
210000km	51.216,60 €	52.587,10 €	36.366,67 €	51.706,44 €	43.797,60 €
240000km	55.875,40 €	56.527,40 €	37.005,48 €	53.947,36 €	50.054,40 €
270000km	60.069,20 €	60.183,00 €	37.479,29 €	55.723,28 €	56.311,20 €
300000km	64.193,00 €	63.588,00 €	38.068,10 €	57.429,20 €	62.568,00 €

Tabla 24 Tabla de datos globales del rendimiento económico de cada opción, cada 30.000Km- 2 años. Elaboración propia

A continuación se trasladan estos datos globales de la tabla anterior a una gráfica, donde puede visualizarse la evolución de gasto económico de cada opción de movilidad analizada

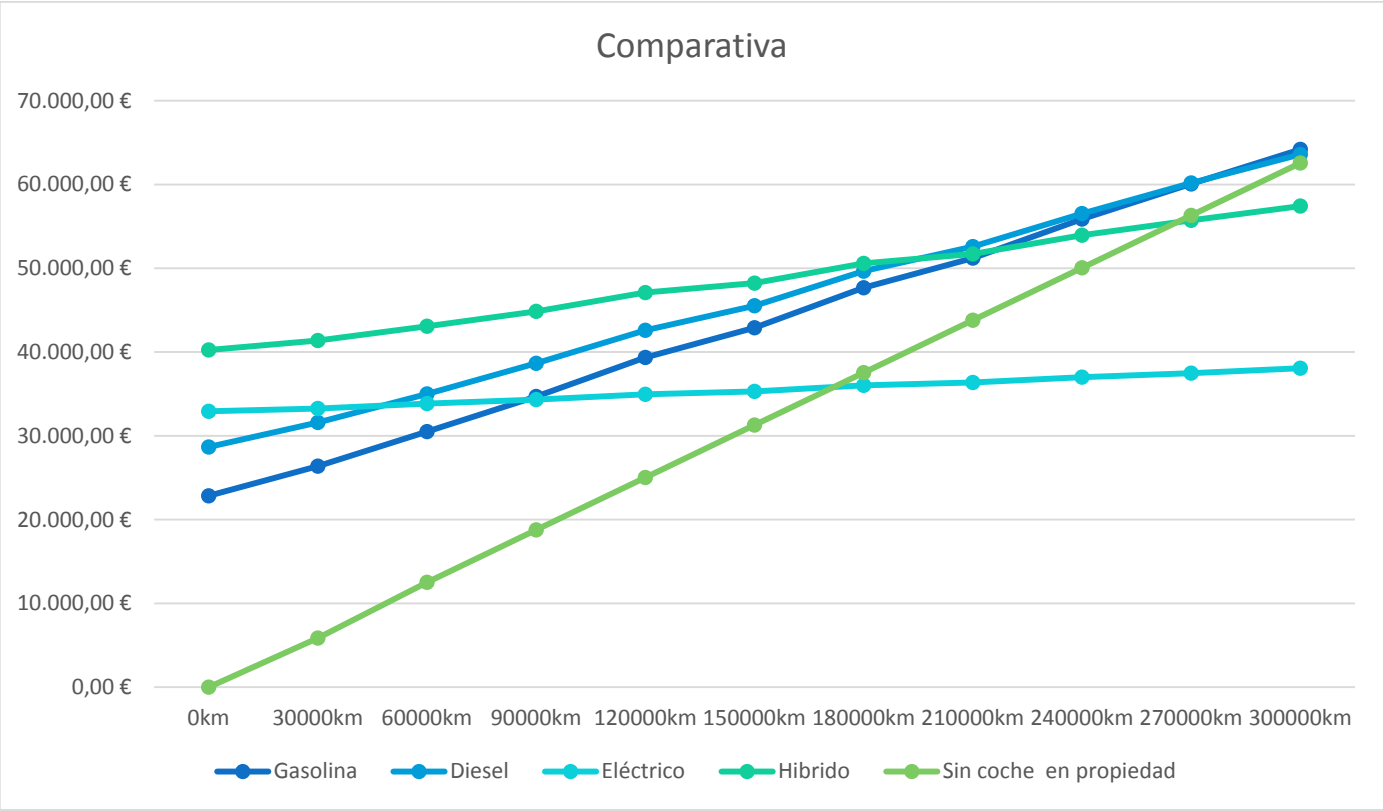


Fig. 88 Gráfica de datos de rendimiento económico de todas las opciones a lo largo de los 300.000 Km-20 años. Elaboración propia

De los datos obtenidos, se alcanzan las siguientes conclusiones:

Comenzando a analizar el resultado del eléctrico puro frente al resto de opciones:

I. Comparando el eléctrico con el diesel:

Pese al precio inicial superior del eléctrico, a los 47.767,12km (más de tres años, en concreto, 38, 21 meses) confluirían en un coste económico de 33.612, 05 euros. A partir de ese punto, el gasto del diesel continuaría incrementándose muy por encima del eléctrico, de modo que al cabo de los 300.000 Km-20 años, el diesel alcanzaría los 63.588 euros frente a los 38.068,10 euros del eléctrico.

Los datos se han obtenido hallando los puntos de corte de las rectas de la gráfica.

Diesel

P1 (30.000, 31.595,30)

P2 (60.000, 35.000,60)

Eléctrico

P1 (30.000, 33.263,81)

P2 (60.000, 33.852,60)

$m(\text{diesel}) = 0,11351$

$m(\text{eléctrico}) = 0,0196$

$Y - 0,11351 X = 28.190$

$Y - 0,0196 X = 32.675,81$

Punto de corte = 47.767,12 Km, en un gasto de 33.612, 05 euros. Se constata que la opción eléctrica, pese a ser inicialmente algo más cara en su precio de compra, en prácticamente tres años resulta más rentable económicamente que el diesel.

II. Comparando el eléctrico con el de gasolina:

Con una diferencia de inicio aún mayor, por ser la versión de gasolina la más económica en precio de adquisición, confluirán a los 86.458,49 Km recorridos, transcurridos casi seis años (en concreto 69,19 meses) en un gasto de 34.201,5 euros. A partir de este punto, la versión de gasolina continuará incrementándose muy por encima del eléctrico. De modo que al cabo de los 300.000 Km-20 años, el de gasolina tendría un coste de 64.193 euros frente a los 38.068,10 euros del E-Golf.

Los datos se han obtenido hallando los puntos de corte de las rectas en la gráfica:

### Gasolina

P1 (60.000, 30.502,60)

P2 (90.000, 34.696,40)

### Eléctrico

P1 (60.000, 33.852,62)

P2 (90.000, 34.326,43)

m (gasolina)= 0,1398

m(eléctrico )= 0,0158

Y-0,1398 X= 22.114,6

Y-0,0158 X= 32.904,62

Punto de corte = 86.458,49 Km, en un gasto de 34.201,5 euros. Queda comprobando que pese a la importante diferencia en el precio de adquisición, en aproximadamente seis años ya sería más rentable económicamente la opción eléctrica que la versión de gasolina.

### III. Comparando el eléctrico con el híbrido:

Partiendo de los presupuestos expuestos nunca se alcanzarían y siempre resultaría más rentable la versión eléctrica. Si el híbrido se utilizase en mayor medida en modo eléctrico su rendimiento económico mejoraría y quedaría más próximo al eléctrico, con el que de partida ya tiene diferencia en el precio de compra que perjudica a la opción híbrida.

### IV. Comparando el eléctrico con la movilidad sin coche en propiedad:

Hasta transcurridos casi 11 años y medio (137,43 meses) sería más rentable la movilidad sin coche en propiedad. El costo confluiría con el eléctrico a partir de ese momento, al alcanzar un gasto de 35.829,16 euros. A partir de este punto, frente a un gasto mantenido en el tiempo del eléctrico, la opción de no tener vehículo propio continuaría creciendo en costos y al cabo de los veinte años ascendería a 62.568 euros frente a los 38.068,10 euros acumulados del eléctrico.

Si bien hay que tener en cuenta que, en los presupuestos de partida se ha considerado que disponiendo del eléctrico no era necesario que ninguno de los miembros de la familia tuviera que adquirir el abono de transportes de la Comunidad de Madrid, lo que posiblemente no sea así; tampoco se ha tomado en cuenta el gasto en que incurre la opción de tener coche en propiedad que conlleva la necesidad de disponer de plaza de garaje, máxime en el caso del eléctrico. Este gasto se evita con la opción de no tener coche en propiedad y utilizar medios de transporte público.

Los datos se han obtenido hallando los puntos de corte de las rectas de la gráfica.

Sin coche en propiedad

P1 (150.000, 31.284)

P2 (180.000, 37.540,8)

Eléctrico

P1 (150.000, 35.304,05)

P2 (180.000, 36.027,86)

m (sin coche en propiedad)= 0,2086

m (eléctrico)= 0,0241

Y-0,2086 X= -6

Y-0,0241 X= 31.689,05

Punto de corte = 171.788,89 Km, en un gasto de 35.829,16 euros

A continuación se comparan los resultados del híbrido enchufable frente a las demás opciones:

I. Comparando el híbrido con el diesel.

El precio inicial de adquisición del híbrido es superior al resto de opciones y en el supuesto analizado el híbrido utiliza bastante su motor de CI; de haber fijado en los antecedentes un uso predominante del modo eléctrico el rendimiento económico sería más positivo para este modelo.

Con estos presupuestos, el híbrido confluiría en costos con el diesel a los 195.344, 186 km o trece años, en concreto a los 156,27 meses, en un gasto de 51.155,93 euros. A partir de este punto de corte el diesel comenzaría a superar en costo a la versión híbrida, y a los 300.000 Km-20 años, el diesel habría costado 63.588 euros frente a los 57.429,20 euros del híbrido.

Los datos se han obtenido hallando los puntos de corte de las rectas de la gráfica.

Híbrido

P1 (180.000, 50.580,52)

P2 (210.000, 51.706,44)

### Diesel

P1 (180.000, 49.656,80)

P2 (210.000, 52.587,10)

$m(\text{híbrido}) = 0,0375$

$m(\text{diesel}) = 0,0977$

$Y - 0,0375 X = 43.830,52$

$Y - 0,0977 X = 32.070,8$

Punto de corte = 195.344,18 Km, en un gasto de 51.155,93 euros

Se comprueba así que transcurridos 13 años, también es más favorable económicamente el híbrido que el diesel y eso pese al precio inicial superior. Además aporta más ventajas, pudiendo utilizar el modo eléctrico y no tener limitaciones medioambientales. Por otra parte, como ya se ha dicho, si además utilizase en mayor medida el modo eléctrico la diferencia a favor del híbrido sería superior.

### II. Comparando el híbrido con el gasolina.

Siendo la diferencia del precio de adquisición muy importante a favor del modelo de gasolina, confluirían en gastos a los 216.077,42 Km, casi transcurridos 14 años y medio (en concreto, 172,86 meses) con un costo de 52.160,42 euros. Al final del período examinado, la versión de gasolina habría costado 64.193 euros frente a los 57.429,20 euros del híbrido.

Los datos se han obtenido hallando los puntos de corte de las rectas de la gráfica.

### Híbrido

P1 (210.000, 51.706,44)

P2 (240.000, 53.947,36)

### Gasolina

P1 (210.000, 51.216,60)

P2 (240.000, 55.875,40)

$m(\text{híbrido}) = 0,0747$

$m(\text{diesel}) = 0,1553$

$Y - 0,0747 X = 36.019,44$

$Y - 0,1553 X = 18.603,6$

Punto de corte = 216.077,42 Km, en un costo de 52.160,42 euros. Cabría hacer similares reflexiones de este resultado de las efectuadas en la comparación del híbrido y el diesel.

III. Comparando el híbrido con la movilidad sin coche en propiedad:

El híbrido resultaría más caro hasta muy avanzada la comparativa, el punto de coste en gastos se produciría un poco antes de transcurrir 18 años (212,84 meses), momento en que empezaría a superar los costos la opción de no disponer de vehículo propio. Al finalizar el período estudiado, esta opción conllevaría unos gastos de 62.568 euros frente a los 57.429,20 euros del híbrido. De esta comparativa cabe replicar las mismas reflexiones que se han realizado en relación al resultado del eléctrico y la opción de sin vehículo en propiedad, que puede ofrecer más ventajas para esta última partiendo de otros antecedentes.

Los datos se han obtenido hallando los puntos de corte de las rectas de la gráfica; lógicamente en este caso, hablamos de tiempo transcurrido.

Híbrido

P1 (240.000, 53.947,36)

P2 (270.000, 55.723,28)

Sin vehículo en propiedad

P1 (240.000, 50.054,40)

P2 (270.000, 56.311,20)

m (híbrido)= 0,0592

m(sin coche en propiedad)= 0,2086

Y-0,0592 X= 39.739

Y-0,2086 X= -9,6

Punto de corte = 266.054,88 Km, que traducido a tiempo transcurrido, sería 212,84 meses, algo menos de 18 años, confluyendo en un gasto de 55.484,45 euros en ese punto.

A continuación se procede a contrastar el resultado de los dos modelos de combustión interna y vemos que partiendo de los presupuestos expuestos el de gasolina confluiría con el diesel a los 272.658, 3 Km (en poco más de 18 años, en concreto, en 218,12 meses) con un coste común de 60.434,72 euros. Momento a partir del cual la versión de gasolina superaría al diesel, para terminar con un coste muy similar de 63.588 euros el de gasoil, frente a 64.193 euros la versión de gasolina.



Los datos se obtienen de los siguientes cálculos.

#### Diesel

P1 (270.000, 60.183)

P2 (300.000, 63.588)

#### Gasolina

P1 (270.000, 60.069,20)

P2 (300.000, 64.193)

m (diesel)= 0,1135

m (gasolina)= 0,1375

Y-0,1135 X= 29.488

Y-0,1375 X= 22.944,2

Punto de corte es en los 272.658,3 Km, transcurridos algo más de 18 años (218 meses) confluyendo en un gasto de 60.434,72 euros en ese punto. Esto vendría a ratificar que la versión diesel frente a la gasolina es más rentable económicamente en la medida que se hagan muchos kilómetros de forma habitual.

En conjunto se puede concluir que en el período objeto de análisis la versión eléctrica pura del golf es claramente la más recomendable económicamente frente al resto de opciones. Puede valorarse la versión híbrida por ofrecer una capacidad superior de autonomía y potencia, especialmente si el uso predominante diario que se le da es en modo eléctrico, en cuyo caso, se iría asemejando su resultado más al eléctrico puro.

Del mismo modo, la versión eléctrica es la que más aventajaría a la opción de no disponer de coche en propiedad a partir de casi 18 años, si bien los parámetros comparados no son homogéneos y con otros presupuestos de partida económicamente puede ser muy rentable utilizar transporte público.

## 7.2.- STAKEHOLDERS EN RELACIÓN AL DESPEGUE DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

En función del estudio realizado de recopilación de información y análisis, se procede a identificar qué grupos de interés están influyendo en el despegue del vehículo eléctrico, tanto internos (azul) como externos (granate), considerando su nivel de poder y su interés en el objetivo.



Nivel de poder		ALTO	Organismos Internacionales AAAPP locales Gobiernos Eléctricas Productores de electricidad Sectores de automoción a favor VE	Medios de comunicación (dependiendo de otros stakeholders que influyan sobre ellos)	Gobiernos Otros sectores industriales ligados al CI Sectores de automoción en contra Productores del petróleo
		MEDIO	Proveedores tecnológicos e industriales del VE Asociaciones medioambientales Cargadores de electricidad Trabajadores vinculados VE	Consumidores/clientes	Suministradores petróleo Proveedores tecnológicos e industriales del CI Trabajadores vinculados al CI
		BAJO		Concesionarios	Talleres de reparación Empleados de estos sectores
			A FAVOR	INDIFERENTE	EN CONTRA
					
			Intereses objetivos		

Tabla 25 Cuadro de Stakeholders en el despegue del vehículo eléctrico. Elaboración propia

Los Organismos Internacionales y los Organismos Reguladores mundiales actualmente tienen identificado como un riesgo de primera magnitud el cambio climático y están comenzando a orientar la economía mundial hacia un nuevo patrón energético en el que en un primer momento se quiere poner fin a los combustibles fósiles, para ir dirigiéndose predominantemente a las energías renovables y limpias; es la lucha por la descarbonización del planeta y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. En ese contexto, se está apostando por el vehículo eléctrico.

Los Gobiernos, en el marco de distintos acuerdos internacionales, también están adoptando estos objetivos, si bien no todos lo hacen en la misma intensidad. En ocasiones parecen tener una postura ambivalente, porque se observa cómo las ayudas para fomentar el VE son insuficientes, no hay políticas para crear puntos de recarga pública, no se promueven normativas reguladoras necesarias en algunas materias (ejemplo, el cargador de electricidad), se sigue apostando por energías no renovables (subvenciones al carbón, no desmantelamiento de centrales nucleares...). En ocasiones esta actuación contradictoria puede deberse a que los hidrocarburos son fuente de grandes ingresos impositivos, otras influencias de *stakeholders* y también de sectores de empleo, porque no olvidemos que la nueva era que se abre va a generar empleo, pero va a provocar también destrucción de empleo en muchos sectores.

Las administraciones públicas locales de grandes ciudades están muy interesadas en el VE, porque se ha de reducir la contaminación en los grandes núcleos y sus prohibiciones al vehículo de CI y sus medidas a favor del VE y otros de cero o menos emisiones, van a ser decisivas en el impulso del vehículo eléctrico. Esto ya es una evidencia en ciudades como Madrid con el Plan A.

Hay proveedores electrónicos y tecnológicos para los que el desarrollo del VE es una gran oportunidad de negocio (ej. fabricación de baterías, de instalaciones de recarga, big data, etc.), mientras que para otros proveedores actuales del vehículo de CI, si hubiera un boom de la electromovilidad les ocasionaría un claro perjuicio. También pueden verse perjudicados talleres de vehículos muy centrados en el mantenimiento y reparación del CI, que no se reconviertan y formen en las nuevas necesidades del VE, que ya de por sí requiere inferior grado de mantenimiento como se ha visto.

Los sectores que se mueve en torno a la generación y suministro eléctricos se encuentran claramente a favor del VE igual que la figura denominada “cargador” de electricidad que está autorizado a vender electricidad a terceros.

Por supuesto, también están interesadas en el despegue del vehículo eléctrico las asociaciones en defensa del medioambiente y las compañías eléctricas en defensa de sus propios intereses.

Contrarios al despegue del vehículo eléctrico son los productores y suministradores de petróleo y sus derivados, gasolineras, etc.

Los trabajadores pueden estar divididos en grupos a favor o en contra, en función del sector en el que estén trabajando, porque como hemos dicho habrá grandes oportunidades para muchas industrias pero otras van a salir claramente perjudicadas, y ya se habla de “ganadores” y “perdedores”.

Los consumidores o clientes de vehículos en principio podrían tener una posición “neutral” en estos momentos, en función de su mayor o menor concienciación con los temas medioambientales y las ventajas e inconvenientes que personalmente les origine el uso de un tipo u otro de vehículo. También dependerá de si tienen plaza de garaje propia y seguro que frena su decisión de adquirir vehículos eléctricos la escasez de infraestructuras de recarga y la limitación de autonomía, además del precio de adquisición.

Se ve sin embargo que la tendencia es cada vez mayor hacia la electromovilidad porque está creciendo la conciencia de que es necesario descarbonizar el planeta (estamos viendo cómo se produce un boom a favor de las energías renovables y grandes administraciones en el Ayuntamiento de Madrid, Administrador de infraestructuras ferroviarias, etc. están exigiendo en la contratación de energía un certificado de origen 100% renovable) y hay una apuesta por grabar fiscalmente más los hidrocarburos.

### 7.3.- ANALISIS DAFO PARA EL DESPEGUE DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

La forma más gráfica de concluir el análisis efectuado en este trabajo sobre la situación actual del coche eléctrico es un análisis DAFO que, determine cuáles son las fortalezas y debilidades internas del vehículo eléctrico en relación a sus competidores y cuáles son las oportunidades y amenazas externas que se observan de cara a que pueda ganar cuota en el parque automovilístico.

	Aspectos favorables	Aspectos desfavorables
Análisis interno	Fortalezas	Debilidades
Análisis externo	Oportunidades	Amenazas

#### FORTALEZAS.- ASPECTOS FAVORABLES DEL ANÁLISIS INTERNO.

- Durante su funcionamiento no emite gases contaminantes a la atmósfera. Favorece la reducción de la contaminación ambiental en las ciudades y colabora a no incrementar los factores de actividad humana que están provocando el cambio climático.
- En España tiene más sentido aún que en otros países por el peso que tienen las renovables en el mix energético y por su potencial para poderse incrementar.
- Permite que se promuevan en mayor medida las fuentes de energía renovable en la producción de energía eléctrica y favorece el abandono de combustibles fósiles. Elemento imprescindible en la política de descarbonización del planeta.

- Prácticamente no emite ruido. Favorece la reducción de la contaminación acústica de las ciudades.
- Son más eficientes y tienen mayor rendimiento que los vehículos con motor de combustión interna y que los de pila de hidrógeno.
- Su motor es más simple y más barato que los vehículos de combustión interna.
- Exige menor mantenimiento y el mantenimiento es más sencillo que en los CI.
- Es capaz de arrancar de cero a cien (disponibilidad inmediata de potencia).
- El motor tiene freno regenerativo que facilita recuperar la energía de la frenada para recargar la batería. Actúa como un generador eléctrico.
- Las baterías del VE pueden actuar como almacén de energía eléctrica e incluso devolver esta energía a la red con la tecnología V2G. Su desarrollo contribuiría a equilibrar la curva de demanda de consumo eléctrico. Mayor eficiencia del sistema eléctrico.
- El VE es más barato que el de pila de hidrógeno.
- El VE y el de pila de hidrógeno no generan emisiones durante su funcionamiento, pero al ser más eficiente y tener mejor rendimiento el VE consume menos energía y por tanto, contamina menos (no contaminaría nada si la electricidad procediese totalmente de fuentes renovables).
- VE se puede fabricar con mucha más potencia que el de pila de combustible de hidrógeno.
- El número de modelos que hay actualmente en el mercado de VE ha crecido notablemente y sus líneas son más atractivas que hace unos años.
- Efectuar la recarga de forma adecuada en horas valle de consumo eléctrico es una solución para que el sistema eléctrico gane eficacia y se aplane la curva de la demanda de energía.
- Incluso cuando parte de la energía eléctrica que consume el VE tenga origen en fuentes no renovables, las emisiones que se provocan en su generación se producen lejos de las ciudades, mientras que las emisiones del CI son dentro de ellas.
- Muchas posibilidades de mejora y evolución que tiene aún en I+D+i el VE en aspectos esenciales.
- Posibilidad de que su precio en los próximos años vaya disminuyendo al madurar la tecnología y aumentar la producción.

- Probabilidad de un menor número de averías que en los vehículos de combustión interna.
- Conducción más fácil y cómoda.
- En general, al tener menos componentes, se libera espacio en el habitáculo.
- Pese a su precio inicial más elevado que uno de CI, lo cierto es que la diferencia económica en unos años se decanta a favor del VE por su inferior costo de mantenimiento, menos impuestos, gratuidad de aparcamiento en zona verde y azul y muy inferior costo de la energía que se utiliza para su propulsión.

#### DEBILIDADES.- ASPECTOS DESFAVORABLES DEL ANÁLISIS INTERNO.

- Tiene menor autonomía que los coches de CI (los modelos TESLA de gran autonomía son muy caros).
- Actualmente el precio de adquisición es más elevado que los coches de CI.
- Las infraestructuras de repostaje privadas son más complejas en tanto obligan a disponer de garaje propio y/o a pedir permisos a las comunidades en garajes comunitarios. Gastos en la infraestructura. De recarga.
- El tiempo de repostaje es muy superior al CI y al de pila de hidrógeno.
- Los cargadores no son estándar, depende de los fabricantes.
- Las baterías son caras y encarecen el precio del vehículo.
- Desconfianza del consumidor sobre la autonomía del VE.
- Desconfianza del consumidor sobre la duración de la vida de las baterías del VE.
- Las baterías son contaminantes y obliga a un plan de reciclaje.
- Obliga a un cambio en la mentalidad y en los hábitos de los consumidores (instalaciones de carga, tiempo de repostaje, autonomía...).
- Cuando la carga de la batería es baja, la potencia se reduce.
- Las temperaturas extremas de calor y frío le afectan a la autonomía en mayor medida que al CI porque la batería requiere una temperatura idónea lo que conlleva que sea necesario refrigerarla o calentarla.
- Uso indebido de las recargas en horas punto de consumo eléctrico que genera mayores picos de demanda y la electricidad es más cara. Causa una distorsión en el sistema eléctrico.

- A pesar de que el número de modelos se ha incrementado actualmente, sigue habiendo más modelos de vehículos de CI.
- Se desconoce si el valor residual de estos vehículos pasados unos años será inferior al de los modelos de CI.

#### OPORTUNIDADES.- ASPECTOS FAVORABLES DEL ANÁLISIS EXTERNO.

- Agotamiento de las reservas de petróleo.
- La dependencia respecto de los países productores de petróleo.
- Cambio climático y los problemas medioambientales en las grandes ciudades.
- Cambios normativos en cuanto a emisiones de gases contaminantes, prohibiciones directas que se prevén en unos años sobre el uso del vehículo de CI.
- Prohibiciones actuales y futuras de acceso en grandes ciudades.
- Prohibiciones de estacionamiento en zona verde y azul en grandes ciudades.
- Planes que fomentan el uso y adquisición del VE (ayudas a la compra, aparcamiento gratuito en ciudades, etc.).
- Impulso e inversiones que la industria automovilística está haciendo en I+D+i en VE, especialmente determinadas marcas.
- Intereses de algunas marcas del sector que han apostado fuertemente por el VE (China, India...) y sus gobiernos protegiendo su industria.
- Oportunidades y nichos de mercado para otras muchas industrias vinculadas al VE (conectores, baterías, *big data* por ser un vehículo eminentemente “conectado”, etc.).
- Posibilidades para nuevos profesionales (fabricación, mantenimiento, reparación...)
- Países superpoblados como China e India han apostado ya muy fuertemente por el VE tanto en su uso e implantación como en el caso de China, en su fabricación y avances tecnológicos.
- Intereses de las compañías eléctricas.



- Las instalaciones públicas de recarga para el VE son más numerosas que las hidrogeneras, por lo que es una fortaleza frente al vehículo de pila de hidrógeno.
- Dificultad en los vehículos de CI de conseguir reducir aún más sus emisiones de gases contaminantes y en ser más eficientes.

#### **AMENAZAS.- ASPECTOS DESFAVORABLES DEL ANÁLISIS EXTERNO.**

- No hay prácticamente infraestructuras públicas de repostaje, al menos en nuestro país.
- Carencia de regulaciones normativas de aspectos necesitados de ella (ejemplo, figura del cargador de electricidad).
- Problemas que pueden tener muchas personas para disponer de una infraestructura de recarga propia (por ejemplo, carecer de garaje, un garaje alquilado, etc.).
- Que se potencien otras alternativas de movilidad ya existentes en mayor medida (gas natural, pila de hidrógeno, etc.) o que surjan otras.
- Intereses de países productores y exportadores de petróleo y derivados; así como todos los sectores ligados a los mismos.
- Intereses de algunos gobiernos en el CI por los altos impuestos a la gasolina y gasóleos, impuestos de matriculación, circulación, etc.
- Pérdida de empleos de sectores industriales ligados al vehículo de CI.
- Intereses de sectores automovilísticos y gobiernos en defensa de sus industrias automovilísticas muy ligadas al vehículo de CI.
- Que se paralicen las inversiones en I+D+i necesarias para la mejora de aspectos tecnológicos del VE.
- Subidas importantes de los precios de la electricidad.
- Cambios políticos (ej. EEUU ha salido del Acuerdo de París) que frenen las políticas de protección medioambiental y la lucha contra el cambio climático.
- Si falla la planificación previa puede haber carencia de técnicos y personal cualificado para la reparación y mantenimiento del VE. Esto también puede ser una oportunidad si se planifica y fomenta adecuadamente.

- Falta de legislación y desarrollo normativo de aspectos tales como la figura del cargador eléctrico, estandarizar los conectores, etc.
- Falta de normativa que obligue a estandarizar elementos como los conectores de la recarga.
- Desconfianza de que en la medida que se incremente el parque del VE desaparezcan las exenciones fiscales, el aparcamiento gratuito, ayudas por adquisición, etc.
- Seguros más caros.
- Escaso interés de las marcas de automóvil que publicitan poco el VE en España por el momento.
- El VE tiene muchas menos piezas, por lo que muchas industrias vinculadas a su producción desaparecerían y afectaría al empleo, salvo que se hagan reconversiones con una planificación adecuada.
- Que pueda haber escasez o gran carestía de elementos que se utilizan para su fabricación, por ejemplo, el litio para las baterías; dificultad de generar otros elementos como el grafeno, etc.

## CAPÍTULO 8.- CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO DEL TFG

### 8.1.- CRONOGRAMA

A continuación se expone el cronograma de actividades del presente trabajo, así como las fechas previstas para su consecución. La planificación inicial ha sido objeto de varios reajustes motivados principalmente porque la información y noticias sobre el vehículo eléctrico son incesantes y obligan a actualizar y retroalimentar prácticamente la totalidad del proyecto de forma permanente en el tiempo. También, a medida que ha ido avanzando el estudio, algunos aspectos han sido objeto de un enfoque distinto al previsto inicialmente a la vista de los análisis realizados.

ACTIVIDADES PLANIFICADAS	FECHA	FECHA	DURACIÓN
	INICIO	FINALIZACIÓN	día/horas
Determinación del objeto del trabajo y título	1-IX-17	10-IX-17	10 d (20h)
Búsqueda <u>inicial</u> de información	11-IX-17	24-IX-17	15d (50h)
Determinación de hitos intermedios	25-IX-17	30-IX-17	7 d (8h)
Determinación de la estructura del trabajo, cronograma inicial	1-X-17	3-X-17	3 d (25h)
Capítulo I.-Introducción, exposición de motivos, estructura de la memoria	3-X-17	8-X-17	6 d (25h)
Capítulo 2.-Antecedentes. Definición. Componentes. Tipos. Comparativa con el CI y pila de hidrógeno	9-X-17	15-X-17	7 d (30 h)
Capítulo.4.-Marco normativo medioambiental. Medidas para impulsar la electromovilidad	16-X-17	22-X-17	7 d (30 h)
Capitulo 5.- Recarga del vehículo eléctrico. Tipos y modos. Conectores	23-X-17	29-X-17	7 d (30 h)
Capítulo 6.-Gestión y optimización de la demanda de energía eléctrica	30 -X-17	12-XI-17	15d (30 h)

Capítulo 3.-Producción y ventas del VE, cuota de mercado actual	13-XI-17	26-XI-17	15 d(25 h)
1ª Revisión de redacción y formato	27-XI-17	10-XII-17	14 d(30 h)
Revisión Cronograma	29-I-18	4-II-18	7 d (7 h)
Capítulo 7.- Comparativa de rendimiento económico entre el vehículo eléctrico puro, híbrido, diesel y gasolina. Opción de movilidad sin coche en propiedad	5-II-18	11-III-18	35 d (100 h)
Capítulo 7.- <i>Stakeholders</i>	12-III-18	25-III-18	14 d(25 h)
Capítulo 7. – DAFO	26-III-18	8-IV-18	14 d (25 h)
Revisión de varios capítulos, cotejo de tablas de figuras, tablas, bibliografía, siglas y acrónimos	9-IV-18	15-IV-18	7d (30 h)
Capítulo 9.- Conclusiones	16-IV-18	18-IV-18	3 d (8 h)
Revisión de redacción y formato	19-IV-18	21-IV-18	3 d(20 h)
Agradecimientos. Resumen ejecutivo	23-IV-18	25-IV-18	3 d (15 h)
Capítulo 8.- Cronograma y presupuesto definitivo	26-IV-18	29-IV-18	4 d (15 h)
Nueva revisión del maquetado de conjunto	30-IV-18	6-V-18	7 d(30 h)
<i>Powerpoint</i>	7-V-18	27-V-18	21d (40h)

**Tabla 26** Desglose de actividades planificadas en la elaboración del TFG por orden cronológico y horas empleadas.  
Elaboración propia

En total el tiempo empleado han sido 593 horas.

La tarea de búsqueda de información concreta de cada materia y de ver el contenido diario de varias alertas por sus actualizaciones y novedades ha ocupado muchas horas; también las revisiones de redacción y modificaciones en la estructura inicial, porque al trabajar el documento con plantilla las variaciones tienen más complejidad.

Si aglutinamos el tiempo empleado por tareas, la agrupación quedaría del siguiente modo:

TAREA	HORAS ESTIMADAS EMPLEADAS
Establecer inicialmente el objeto del trabajo, título, estructura, hitos	53
Búsqueda de información	135
Redacción inicial	268
Revisiones redacción y formato	97
Preparación presentación	15
Elaboración del powerpoint	25

Tabla 27 Desglose de tareas realizadas en el TFG y horas empleadas. Elaboración propia

## 8.2.- PRESUPUESTO

Para elaborar el presupuesto del coste del proyecto se ha tenido en cuenta de forma principal el valor del tiempo dedicado (horas/hombre) y el valor de los recursos materiales utilizados.

Respecto al primer aspecto, se ha optado por considerar que es un trabajo realizado en un contrato en prácticas en una consultora. Se ha tomado como referencia el salario de un recién graduado en ingeniería en una consultora media, que ascendería a 21.000 euros/año [41]; dado que se trata de un contrato en prácticas en un primer año se percibe el 60% del salario ordinario, lo que supondría 12.600 euros/año.

El valor del salario/día es de =  $34,52 \text{ euros}/8 \text{ horas día} = 4,31 \text{ h} \times 593 \text{ horas utilizadas} = 2.555,83$  euros correspondería a la retribución salarial.

En cuanto a los recursos materiales utilizados se reduce a la amortización de dispositivos informáticos y energía eléctrica empleada:

PRODUCTO	PRECIO ESTIMADO DE COSTE
Ordenador MAC book Pro. Apple	93 euros
Coste de consumo energía eléctrica portátil 60 vatios	0,089 euros /h X 400 h = 35,6 euros
Coste de consumo energía eléctrica router ADSL 8 vatios	0,0091 euros/h X 593 h = 5,39 euros
Coste de consumo energía eléctrica bombilla halógena 50 vatios	0,0744 euros/h X 593 h = 44,11 euros

**Tabla 28 Estimación del coste empleado en recursos materiales en la elaboración del TFG. Elaboración propia**

Para hacer un coste estimado del uso del ordenador se ha tenido en cuenta su precio de adquisición (1.500 euros) y aproximadamente su vida útil (9 años, 3.285 días) [43], así como el total de días empleados en elaborar el estudio (203 días):

$$1.500 \text{ euros} : 3.285 \text{ días} = 0,456 \text{ euros/día}$$

$$0,456 \text{ euros/día} \times 203 \text{ días} = 92,568 \text{ euros}$$

No se ha considerado el uso de licencias de software porque no se han adquirido exclusivamente para el trabajo y el ratón está incorporado al portátil.

Se ha efectuado una estimación del coste de la energía eléctrica de los distintos productos utilizados [42], considerando el precio voluntario del pequeño consumidor de la energía eléctrica del día 2 de mayo de 2018, de 0,1488 euros KWh.

En relación al uso del flexo para iluminación, de las 593 horas estimadas en la elaboración del trabajo se considera que se habrá efectuado en período nocturno 400 horas.

Por lo que el coste total de la elaboración considerando el de recursos humanos y materiales es el siguiente:

COSTO TOTAL DE LA ELABORACIÓN DEL TRABAJO EN EUROS	
Recursos Humanos	2.555,83
Productos y energía	178 euros
TOTAL	2.734 EUROS

Tabla 29 Coste total de la elaboración del trabajo. Elaboración propia

## CAPÍTULO 9.- CONCLUSIONES

Del análisis efectuado a lo largo de este trabajo cabe resaltar que el vehículo eléctrico ofrece grandes ventajas en relación a los vehículos de combustión interna: se constata su mayor eficiencia por el inferior consumo energético y mejor rendimiento; de forma especial destacan los beneficios medioambientales que conlleva la adopción de la movilidad eléctrica dado que el VE no emite durante su funcionamiento gases de efecto invernadero a la atmósfera, ni ningún otro tipo de partículas; también es un aspecto a su favor que disponga de un mecanismo sencillo y limpio, lo que redunda en una mayor facilidad de fabricación y mantenimiento.

Contrastando el VE con el vehículo eléctrico de pila de hidrógeno que tampoco emite gases durante su funcionamiento, se observa que prevalece el primero porque consume menos energía, la fabricación es más barata, se construyen con más potencia y es más fácil su recarga porque hay escasas hidrogeneras para recargar el de pila de hidrogeno. Las únicas ventajas de éste frente al eléctrico puro son su superior autonomía, mejor comportamiento ante temperaturas extremas y que la recarga es más similar a la del vehículo de combustión interna, lo que no exigiría cambiar los hábitos del usuario.

La información recopilada en este trabajo pone en evidencia que el vehículo eléctrico tiene un gran potencial de mejora en aquellos aspectos que actualmente más lo limitan; en concreto se esperan grandes avances en la autonomía que aportan sus baterías, reducción de precio y tiempo que precisa para efectuar la recarga. Son retos tecnológicos que se están afrontando y en los que hay continuos progresos. Por el contrario, se observa que los márgenes de mejora del vehículo de combustión interna en cuanto a contaminación ambiental y eficiencia son reducidos.

Los graves riesgos que afronta nuestro mundo en relación al cambio climático y la contaminación atmosférica han provocado la necesidad de cambiar el patrón energético, establecer objetivos de descarbonización del planeta y potenciar las energías renovables. Estas circunstancias constituyen una gran oportunidad para el vehículo eléctrico porque se revela como una solución medioambiental en materia de movilidad y ofrece importantes sinergias con el sistema eléctrico. Desde la movilidad eléctrica podrán alcanzarse estos objetivos y la eliminación del uso de combustibles fósiles en el transporte por carretera.



Examinando los grupos de interés que pueden influir en el despegue del vehículo eléctrico, nos encontramos que actualmente existen poderosos “stakeholders” favorables a su adopción; los problemas climáticos y medioambientales obligan a Organismos Internacionales, Gobiernos y otras Administraciones Públicas a decantarse a su favor; los productores de energía eléctrica y las compañías eléctricas abogan en esta misma dirección y hay sectores tecnológicos muy interesados, para los que el VE constituye una gran oportunidad de negocio; incluso muchas marcas del sector del automóvil han hecho grandes inversiones en esta tecnología y su fabricación.

No obstante, para que la movilidad eléctrica pueda imponerse al vehículo de combustión interna, es necesario potenciar redes de recarga en carretera, instalación de puntos de recarga públicos y privados en las poblaciones, así como efectuar desarrollos legales en diversos aspectos, entre ellos, mejorar el procedimiento de fijación del precio de la electricidad que requiere mayor estabilización y transparencia.

Es cierto que la adopción de la movilidad eléctrica destruirá empleos en algunos sectores, pero también generará otros muchos en muy diversos ámbitos y conviene planificar las reconversiones adecuadas para minimizar el daño que pudiera producirse.

De la comparativa realizada en este trabajo sobre el rendimiento económico de un mismo modelo de coche en sus versiones eléctrica pura, híbrida, diesel y gasolina a lo largo de veinte años (300.000 Km) que se han estimado como vida útil del vehículo, atendiendo a los parámetros de precio de adquisición, gasto en combustible y energía, abono de impuestos y tasas, costo del mantenimiento y reparación, se alcanza la conclusión de que ya actualmente es más ventajoso económicamente adquirir el modelo en versión eléctrica y ello pese a su superior precio de adquisición. Se constata que el eléctrico puro resulta más económico que la versión de gasolina en el transcurso de tres años (a partir de 86.458,49 Km recorridos) y es más rentable que el diesel en menos de seis años (a partir de 47.767,12 Km recorridos).

Se observa que el modelo híbrido aporta las ventajas de sumar las dos tecnologías y pese a su elevado precio de adquisición, consigue a lo largo del estudio realizado adelantar a ambas versiones de combustión interna (no a la versión eléctrica pura). En concreto supera en rentabilidad a la versión diesel transcurridos trece años (a partir de 195.344,186 Km recorridos) y a la versión de gasolina prácticamente a los catorce años (a partir de 216.077,42 Km recorridos). El híbrido tiene un resultado más favorable en la medida que se potencia su uso en modo eléctrico.

A su vez, se han confrontado estos resultados de rentabilidad económica de las distintas versiones de un mismo modelo de vehículo, con el análisis de gasto económico en que incurriría un posible consumidor que decidiese no comprar un vehículo en propiedad, haciendo uso del transporte público, del “carsharing” y del alquiler del vehículo en casos puntuales. Partiendo de las premisas propuestas para efectuar el estudio, se obtiene como resultado que sólo adquirir un VE puro primaria sobre la opción de no tener coche en propiedad y esta preeminencia se alcanzaría en el transcurso de casi dieciocho años.

De todo lo cual puede concluirse que a día de hoy, si se dispone de un punto de recarga privado, la elección económica más rentable es adquirir un vehículo eléctrico.

Por otra parte, desde diversos sectores tecnológicos, se está anunciando que en breve se reducirá drásticamente el precio de fabricación de las baterías, lo que conllevará una disminución del precio de adquisición del VE, que se prevé que en cinco años sea igual o inferior al precio de los modelos de combustión interna.

Del conjunto de lo analizado, se infiere que el parque móvil en menos de diez años será eminentemente eléctrico.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1]<http://electromovilidad.net/el-vehiculo-electrico/>. Último acceso marzo 2018
- [2]<http://endesavehiculoelectrico.com/>. Último acceso febrero 2018
- [3]<https://www.xataka.com/tag/coche-electrico> Último acceso mayo 2018
- [4]<https://www.motorpasion.com/> Último acceso febrero 2018
- [5][https://www.tesla.com/es\\_ES/models?redirect=no](https://www.tesla.com/es_ES/models?redirect=no). Último acceso enero 2018
- [6]<https://www.elconfidencial.com/> Último acceso mayo 2018
- [7]<https://movilidadelectrica.com/informes/>. Último acceso marzo 2018
- [8]<http://www.irena.org/404?item=%2fhome%2findex&user=extranet%5cAnonymous&site=IrenaLive>. Último acceso noviembre 2017
- [9][https://unfccc.int/portal\\_espanol/informacion\\_basica/la\\_convencion/items/6196.php](https://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/la_convencion/items/6196.php)  
Último acceso noviembre 2017
- [10][https://www.mapama.gob.es/es/cambio climático](https://www.mapama.gob.es/es/cambio_climatico). Último acceso noviembre 2017
- [11]<http://www.vozpopuli.com/> Último acceso mayo 2018
- [12][http://www.pactodelosalcaldes.eu/index\\_es.html](http://www.pactodelosalcaldes.eu/index_es.html) Último acceso noviembre 2017
- [13]<https://www.nytimes.com/es/2017/06/01/que-es-el-acuerdo-de-paris/>. Último acceso noviembre 2017
- [14]<http://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/Medio-ambiente/Publicaciones/Plan-de-Calidad-de-aire-de-la-ciudad-de-Madrid-y-Cambio-Climatico-PLAN-A-> Último acceso noviembre 2017
- [15]<http://www.autopista.es/trucos-y-consejos/articulo/como-funciona-alquiler-car2go-madrid> Último acceso febrero 2018
- [16] <http://www.autopista.es/noticias-motor/articulo/carsharing-zity-madrid-renault-precios>
- [17]<https://sede.madrid.es/portal/site/tramites/menuitem.1f3361415fda829be152e15284f1a5a0/> Último acceso abril 2018
- [18]<http://www.ree.es/es/> Último acceso mayo 2018

- [19][https://www.endesaeduca.com/Endesa\\_educa/recursos-interactivos/](https://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/) Último acceso diciembre 2017
- [20]<http://www.omie.es/inicio>. Último acceso abril 2018
- [21] <http://forococheelectricos.com/> Último acceso abril 2018
- [22] <http://www.europapress.es/> Último acceso marzo 2018
- [23]<https://www.iberdrola.es/autonomos/movilidad-verde/vehiculos> Último acceso febrero 2018
- [24]<https://elpais.com/>. Último acceso diciembre 2017
- [25][https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris\\_es](https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_es), Último acceso febrero 2018
- [26]<https://www.electromaps.com/coches-electricos>. Último acceso diciembre 2017
- [27]<http://www.greenpeace.org/espana/es/>. Último acceso marzo 2018
- [28] <http://www.híbridosyelectricos.com>. Último acceso abril 2018
- [29] imágenes de Google. Último acceso marzo 2018
- [30] Instituto Universitario de Investigación del Automóvil (INSIA). Máster ingeniería automoción.
- [31] <https://www.race.es/motor/conduccion-ecologica-y-eficiente/compensa-comprar-coche-electrico>. Último acceso marzo 2018
- [32] <https://corrienteelectronica.renault.es/comparativa-mantenimiento-coche-electrico-frente-coche-termico/>. Último acceso abril 2018
- [33] <https://calculatormantenimiento.volkswagen.es/>. Último acceso abril 2018
- [34]<https://www.dieselogasolina.com/calcular-impuesto-matriculacion-coche-moto-hacienda.html>. Último acceso abril 2018
- [35]<http://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/Actividad-economica-y-hacienda/Impuesto-sobre-Vehiculos-de-Traccion-Mecanica-IVTM>. Último acceso abril 2018

- [36] <http://www.dieselogasolina.com/>. Último acceso abril 2018
- [37] <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/strategy/articles/descarbonizacion-de-las-economias.html>. Último acceso abril 2018
- [38] <http://www.crtm.es/billetes-y-tarifas/billetes-y-abonos/abono-transportes/>. Último acceso marzo 2018
- [39] <https://emov.es/documentos/Precios.pdf>. Último acceso marzo 2018
- [40] <http://www.acea.be/collection/statistics>. Último acceso marzo 2018
- [41] <http://www.expansion.com/emprendedoresempleo/empleo/2015/04/24/553a841ee2704e3c2b8b457d.html>. Último acceso abril 2018
- [42] <http://www.siabarcelona.com/consumoelectrico.html>. Último acceso marzo 2018
- [43] [http://www.lasexta.com/tecnologia-tecnoplora/gadgets/nuevo-macbook-pro-menos-reparable-personalizable-que-sus-antecesores\\_201611075821107d0cf2d6cc9cd2888a.html](http://www.lasexta.com/tecnologia-tecnoplora/gadgets/nuevo-macbook-pro-menos-reparable-personalizable-que-sus-antecesores_201611075821107d0cf2d6cc9cd2888a.html). Último acceso abril 2018
- [44] <http://www.minetad.gob.es/energia/electricidad/Distribuidores/Paginas/GestoresCargas.aspx>. Último acceso mayo 2018.
- [45] <http://www.centralestermosolares.com/centrales-de-c-cilindro-parabolico>
- [46] <http://es.csptoday.com/tecnolog%C3%ADa/%C2%BFpuede-superar-la-fresnel-la-cilindroparab%C3%B3lica>. Último acceso mayo 2018.